

ALTERNATIVA TECNOLÓGICA DE MANEJO DE ROEDORES CON BASES ECOLÓGICAS Y SU PERTINENCIA CON LOS ESTÁNDARES GLOBALES DE PRODUCCIÓN.

TECHNOLOGICAL ALTERNATIVE OF RODENT MANAGEMENT WITH ECOLOGICAL BASIS AND ITS PERTINENCE WITH THE GLOBAL PRODUCTION STANDARDS.

Isabel Vásquez López¹ J. Martín de los Santos Crespo¹ y Mildred Chi Castillo¹

1. Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. Km 37.5 Carretera Federal México-Pachuca Tecámac, Edo. México. Teléfono Correo electrónico: dgsv.cnrfito41@senasica.gob.mx

RESUMEN

El concepto de Manejo de Roedores con Bases Ecológicas (**MRBE** / EBRM – siglas en inglés), se desarrolló en los años 90's por investigadores de Australia y China¹, como alternativa al impacto toxicológico de los rodenticidas al ambiente. Hoy el EBRM se aplica en 28 países de cinco continentes. En México inicia en 2007 en los cultivos de caña de azúcar de Córdoba, Veracruz y actualmente la tecnología **MRBE** está siendo aplicada oficialmente en la agricultura de los estados de Zacatecas, Guanajuato, Querétaro, Sinaloa, Puebla, Morelos y Estado de México, a través de los Comités Estatales de Sanidad Vegetal; en caña de azúcar en Huixtla, Chiapas; La Joya, Campeche; Emiliano Zapata, Morelos; Presidente Benito Juárez (Impulsora), Tabasco; Atencingo, Puebla; La Gloria, Veracruz; El Naranjo y el Ingenio Plan de San Luis, San Luis Potosí. Los objetivos parten de un enfoque ecosistémico e integral: **1.** Conservar la biodiversidad, mitigando los efectos negativos de los rodenticidas a la vida silvestre y al ambiente **2.** Asegurar la productividad agrícola, disminuyendo daños bajo un análisis económico y empoderamiento de los agricultores **3.** Mantener los servicios ecosistémicos, evitando la contaminación promoviendo la aplicación responsable de rodenticidas y **4.** Mejorar la calidad de vida. Para lograrlos se implementan acciones biológicas, mecánicas, culturales y químicas, en concordancia con los estándares de producción y tratados internacionales² y leyes nacionales³.

Palabras Clave: Manejo, Bases ecológicas, biodiversidad, ecosistémico, estándares de producción.

ABSTRACT

The concept of Rodent Management with Ecological Bases (MRBE / EBRM - acronym in English), was developed in the 90's by researchers from Australia and China, as an alternative to the toxicological impact of rodenticides to the environment. Today the EBRM is applied in 28 countries on five continents. In Mexico, it started in 2007 in sugarcane crops in Córdoba, Veracruz and nowadays, MRBE technology

¹ Centro Internacional Australiano de Investigación Agrícola (ACIAR), Organización de Investigación Industrial y Científica (CSIRO) de Australia y la Academia de Ciencias de China.

² Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (OMC)

³ Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) y su Reglamento, Ley General de Vida Silvestre (LGVS), Ley Federal de Sanidad Vegetal (LFSV) y Normas de Sanidad Vegetal y de Protección Ambiental

applied being is officially in agriculture in the states of Zacatecas, Guanajuato, Querétaro, Sinaloa, Puebla, Morelos, State of Mexico and Tabasco. through the State Plant Health Committees; in sugarcane in Huixtla, Chiapas; La Joya, Campeche; Emiliano Zapata, Morelos; President Benito Juárez (Impulsora), Tabasco; Atencingo, Puebla; La Gloria, Veracruz; El Naranjo and Ingenio Plan de San Luis, San Luis Potosí. The objectives based on an ecosystem and integral approach: 1. Conserve biodiversity, mitigating the negative effects of rodenticides on wildlife and the environment. 2. Ensure agricultural productivity, reducing damage under economic analysis and empowerment of farmers 3. Maintain ecosystem services, avoiding pollution by promoting the responsible application of rodenticides and 4. Improve the quality of life. To achieve them, biological, mechanical, cultural and chemical actions implemented, in accordance with production standards, international treaties, and national laws.

Key Word: Management, Ecological basics, biodiversity, ecosystem, production standards.

INTRODUCCION

Históricamente, los brotes poblacionales de los roedores plaga han tenido implicaciones de índole política, económica y social, amenazando la seguridad alimentaria en sociedades tanto de países desarrollados como en desarrollo. Durante muchas décadas el tema de los roedores plaga se trató predominantemente a través de campañas de aplicación masiva de cebos envenenados de toxicidad aguda, como el Fosforo de Zinc, Fosforo de Aluminio, Edrín, Sulfato de Talio y Monofluoracetato de Sodio (compuesto 1080) y recientemente con rodenticidas de toxicidad crónica como los anticoagulantes Warfarina, Brodifacoum, Bromadiolona, Difacinona, Flocumafen y otros (Singleton et al., 2003).

Los roedores plaga de la caña de azúcar pertenecen a los géneros *Sigmodon*, *Oryzomys*, *Peromyscus*, *Reithrodontomys* y *Mus* (Rodentia: Muridae), todos manifiestan una tasa de fecundidad altamente eficiente, por lo que en poco tiempo recuperan numéricamente la población de ratones que sucumben a la toxicidad de un rodenticida, inclusive con mayor eficiencia reproductiva y durante un período más prolongado (Richards y Buckle, 1987; Vásquez-López et al., 2013).

El concepto de Manejo de Roedores con Bases Ecológicas (EBPM), se desarrolla en 1996 a partir de la re-evaluación de la esencia conceptual del Manejo Integrado de Plagas (MIP). Se enfatiza el carácter ecológico y sostenible marcando tres objetivos: 1. Disminuir el impacto negativo sobre el ambiente y la biodiversidad presente en los agroecosistemas, 2. Mitigar el riesgo de toxicidad en la salud pública buscando una menor dependencia de sustancias tóxicas y 3. Desarrollar análisis económicos del manejo y el empoderamiento de los agricultores que adoptan la estrategia. De esta manera, se ha aplicado de manera exitosa en 28 países de cinco continentes.

En México el programa de Manejo de Roedores con Bases Ecológicas utiliza un enfoque integral y ecosistémico con cuatro objetivos, 1) Conservar la biodiversidad presente en los agroecosistemas; 2) Fortalecer la productividad agrícola y seguridad alimentaria; 3) Mantener los servicios ecosistémicos de las regiones agrícolas y 4) Mejorar la calidad de vida de los agricultores.

Las actuales exigencias globales de producciones agrícolas limpias, con respecto al ambiente, la biodiversidad y bienestar social, obligan a la implementación de métodos alternativos al uso de rodenticidas. En este contexto, resalta la pertinencia del método MRBE, que mantiene una alta correlación positiva con estándares de producción requeridas en las normas internacionales de calidad.

En este documento se presentan los criterios y principios del Manejo de Roedores con Bases Ecológicas y su concordancia con los criterios de dos entes certificadores: 1. Estándares de protección del medio ambiente

y la prevención de actividades contaminantes fijados por la norma **ISO 14001**, que se evalúan a través de la Auditoría ambiental y Gestión ambiental; 2. Gestión de calidad en la producción de la caña de azúcar **BONSUCRO** con base en principios de sostenibilidad: viabilidad económica, social y ambiental.

SISTEMA DE GESTIÓN MRBE

REFERENCIAS NORMATIVAS

Los fundamentos jurídicos y normativos del MRBE son, el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB, 1993) y la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (IPPC, 2012), así como, el Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (OMC, 2003); la legislación mexicana como la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA, 2012) y su Reglamento, la Ley General de Vida Silvestre (LGVS, 2018) y su Reglamento, la Ley Federal de Sanidad Vegetal (LFSV, 2016) y su Reglamento y las Normas de Sanidad Vegetal y de Protección Ambiental.

ALCANCE

La metodología MRBE es reconocida internacionalmente por su carácter integral y principios de sostenibilidad, actualmente se ha establecido en la agricultura de 28 países en cinco continentes (Singleton et al. 2015) y en México está siendo aplicada oficialmente en la agricultura de los estados de Zacatecas, Guanajuato, Querétaro, Sinaloa, Puebla, Morelos, y Estado de México, a través de los Comités Estatales de Sanidad Vegetal; en caña de azúcar en Huixtla, Chiapas; La Joya, Campeche; Emiliano Zapata, Morelos; Presidente Benito Juárez (Impulsora), Tabasco; Atencingo, Puebla; La Gloria, Veracruz; El Naranjo y el Ingenio Plan de San Luis, San Luis Potosí.

PLAN OPERATIVO

A. Dimensionar el problema de roedores plaga... lo que no se mide no se conoce

A.1 Reconocer los factores que participan en las fluctuaciones poblacionales de los roedores plaga.

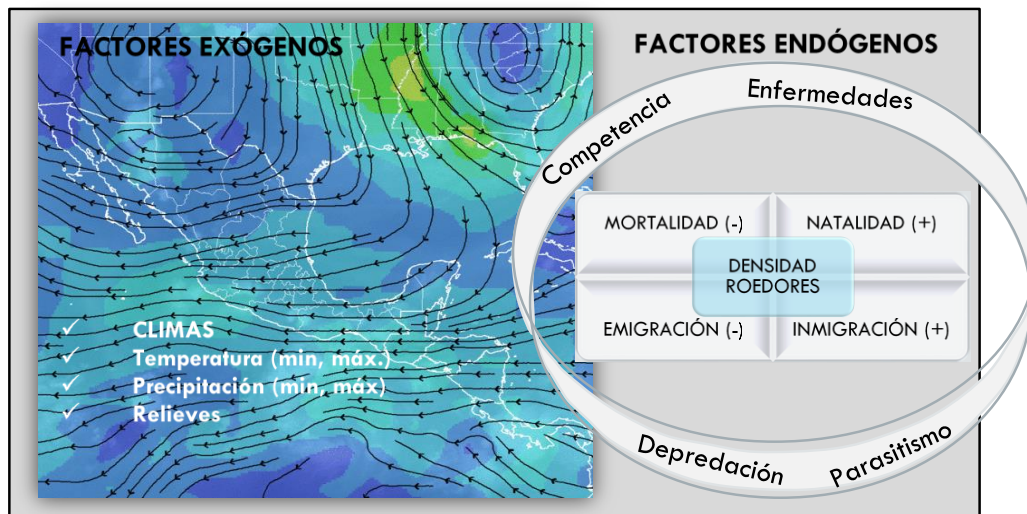


Figura 1. Principales factores exógenos y endógenos que participan en las variaciones de los tamaños poblacionales de los roedores plaga. Fuente: [Vásquez – López, 2018](#).

Los roedores se caracterizan por la variación de sus tamaños poblacionales, como resultado de procesos demográficos como migración, natalidad, mortalidad y supervivencia (Lima et al., 1999). Estas variaciones en la densidad de los roedores suceden entre estaciones climáticas y / o entre períodos de varios años, con la participación de factores endógenos o densodependientes, como la competencia, epizootias, depredación y parasitismo y factores exógenos o densoindependientes como el clima, orografía, hidrología, estrés climático y episodios del ENSO (El Niño y las Oscilaciones Meridionales; Zhibin, 2001; Witmer y Proulx, 2010; Allan et al., 1996; Figura 1).

A.2 Monitoreo de la abundancia poblacional de los roedores plaga

Los roedores utilizan de manera diferenciada el espacio agroecológico cañero, en función de la disponibilidad de los recursos que ofrece el ambiente y del comportamiento social de la colonia (Gregory y Cameron, 1998). Actualmente, se define como hábitat de alta calidad a los sitios donde los roedores encuentran amplia disponibilidad de alimento, agua, cobertura de escape y estable, con la mínima intervención humana. Estos sitios pueden contener grandes poblaciones reproductivas por lo que se les conoce también como “Núcleos reproductivos”.

La abundancia poblacional se estima a partir de muestreos de roedores que son capturados a lo largo de un transecto o en parcelas. Ambos métodos indican el éxito de captura ($RC = \text{Rate Capture}$) que se alcanza en cada sesión de trapeo y está influenciado por las condiciones meteorológicas, climáticas, fase lunar. Así como por el tipo de trampa, el cebo atrayente, la habilidad del trampero, entre otros.

Sin embargo, el éxito de captura (RC) solo se limita a comparar numéricamente la población de ratones y no es suficiente en la toma de decisiones. Es importante también registrar la estructura poblacional, a saber, las condiciones reproductivas de los animales capturados, tales como, sexo, edad, posición testicular, perforación vaginal, preñez y presencia de embriones. De esta manera, se reconocerán los “Núcleos reproductivos”. Por lo anterior, es necesario contar con un buen diseño de muestreo de la población de roedores que nos permita diferenciar los “Núcleos reproductivos” de aquellos que son sólo de tránsito o corredores. De esta manera el Plan de Manejo será más efectivo y con menos costo, dado que se aplicará mayor esfuerzo en donde se encuentre la mayor población reproductiva y serán tratadas con menos intensidad los corredores.

B. Componentes del manejo

B. 1 Primer Componente: Cultural o Gestión del Hábitat

Evitar la presencia o permanencia de los roedores en los cultivos mediante el manejo del hábitat, reduciendo la disponibilidad de los recursos, como alimentos, cuerpos de agua, modificar las áreas de refugio y eliminar la vegetación o estructuras que utilicen como cobertura de escape. La relación entre el costo metabólico del proceso reproductivo y la disponibilidad de alimento en el hábitat, ha sido tema de muchos estudios. Entre ellos, Randolph et al. (1995) reportan que las hembras gestantes aumentan 25% su consumo de alimento, mientras que las hembras lactantes lo hacen en 66%. Cameron y Eshelman (1996) afirman que durante el periodo de mayor actividad reproductiva las hembras aumentan su consumo de proteínas y carbohidratos, por tal razón, se les encuentra comúnmente ocupando hábitats con abundante producción de semillas con alto contenido proteico. En este sentido, es de suponer que la eliminación de las semillas y limpieza de las parcelas reduce las ventajas del hábitat volviéndolos poco atractivos para las poblaciones reproductivas de roedores (Vásquez-López et al., 2014; Vásquez-López, 2017).

B. 2 Segundo Componente: Físico o Mecánico

Consiste en remover a los roedores de su ámbito hogareño o zona núcleo, con el fin de modificar la estructura de la población, reduciendo la población reproductiva. A partir del análisis del comportamiento social de los roedores se aplican protocolos de capturas masivas en las zonas núcleo, bajo el supuesto de que los primeros en ser capturados son los roedores machos dominantes de la colonia, quienes por naturaleza son los que tienen un patrón de dispersión más amplio que los subordinados (Gregory y Cameron, 1988; Cameron, 1977; Reich y Tamarin, 1980). En consecuencia, al desaparecer los dominantes o líderes del grupo, se altera la estructura social y los subordinados se comportan de manera errática (Cameron, 1977), lo que supone ser la causa de un mayor éxito de captura en trampeos subsecuentes, aumentando las capturas de individuos de ambos sexos y de todas las clases de edades.

La supresión mecánica de la población reproductiva de los roedores, realizada previamente a la exposición de rodenticidas anticoagulantes, resulta ser un método altamente eficaz en el control de los roedores plaga (Desoky, 2013; Vásquez-López et al., 2014; Abdel-Gawad, 2001); probablemente se deba a la ausencia de líderes que señalen los riesgos en el consumo de rodenticidas, provocando que todo el gremio sea expuesto y se registre un mayor consumo de éstos.

B. 3 Tercer Componente: Biológico

Este componente propone la regulación de las poblaciones de los roedores plaga con el enfoque de control biológico, basado en la teoría del sistema Depredador-Presa, que considera el efecto directo e indirecto de la depredación sobre la dinámica poblacional de los roedores (Lima y Dill, 1990). El efecto directo se refiere a la cantidad promedio de roedores muertos por los depredadores, que se suma a la tasa de mortalidad generada por otros factores. El efecto indirecto se relaciona con las respuestas de la población de roedores ante el riesgo de la depredación, tales como, modificación de los patrones de dispersión, cambios en la tasa reproductiva y estructura poblacional (Blanco-Morales y Vásquez-López, 2014; Hik, 1995; Korpimäki et al., 1994; Ylönen, 1994). Son importantes depredadores de los roedores algunas especies de reptiles (como las boas y los pitones), mamíferos (como los felinos y algunos cánidos), así como aves rapaces (como la lechuza de campanario, *Tyto alba*), ya que caza más de lo que consume en su dieta. Una pareja de lechuzas de campanario puede llegar a cazar hasta 6000 roedores por estación de anidación (Kan et al., 2014). En los ambientes agrícolas los depredadores aviares ven limitada su función cazadora debido principalmente a la escasez de puntos de descanso o percheo y de anidación. En este sentido, se busca promover la proximidad de las aves rapaces existentes en el agroecosistema a las áreas agrícolas, a través de la adición de puntos artificiales de percheo y cajas de anidamiento.

B. 4 Cuarto Componente: Químico

Consiste en la aplicación responsable y eficaz de rodenticidas, Dubock (1982) desarrollo una estrategia para la aplicación de rodenticidas conocida como pulseo o “*pulsed baiting*”, la cual consiste en colocar en recipientes o puntos de cebado, una pequeña cantidad de rodenticida, revisar en pocos días el consumo y reponer con producto nuevo y fresco. El pulseo permite remover el producto que no es consumido y reubicarlo en donde si hay consumo, haciendo una mejor administración de los rodenticidas, aumentando el esfuerzo de control donde mayor es la población de roedores y disminuyendo notablemente los costos. El pulseo es reconocido como una estrategia de aplicación responsable, ambientalmente benéfica, de bajo costo y de potente efectividad, ampliamente recomendado a nivel global (EPA, 2008).

La susceptibilidad manifestada por los roedores a la toxicidad y palatabilidad de los rodenticidas puede ser distinta, debido múltiples factores, como la fisiología de la especie, la estructura de la población (proporción de sexos, clase de edades y condición reproductiva); la disponibilidad de alimento en el hábitat; la estación climática; los ingredientes del producto rodenticida y del modo de aplicación.

Existen un mercado muy amplio de componentes rodenticidas para el control de los roedores plaga, entre ellos los mejores calificados son Difacinona (0.005 % i a.) de la familia de los Indaniones; Brodifacoum (0.005 % i a.), Difetialona (0.0025 % i a.) y Flocoumafen (0.005 % i a.) de la familia Camarina.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación FAO y la Organización Mundial de la Salud, dentro del Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas incluyen dentro del grupo de plaguicidas altamente peligrosos a **la gran mayoría de los componentes rodenticidas** que comúnmente se utilizan en los campos cañeros. Esta clasificación la retoman organismos certificadores de la calidad de producción agrícola, como ISO 14001, BONSUCRO, British Farm Standard y HACCP entre otras.

METODO

En este análisis se comparó el esquema metodológico del programa de manejo de roedores con bases ecológicas con los principios de la norma ISO 14001 por ser la más conocida por el sector industrial y por tener como objetivo establecer prácticas de protección del medio ambiente que certifican la disminución de los riesgos a la biodiversidad. Sí como, a los principios Bonsucro por ser el referente métrico mundial dedicado a reducir el impacto ambiental y social de la producción de la caña de azúcar y de todos los productos derivados de ella, especificando requisitos para la sostenibilidad.

Se hizo el análisis de los requisitos, alcances e indicadores que se reflejan en los resultados esperados (Figura 2)

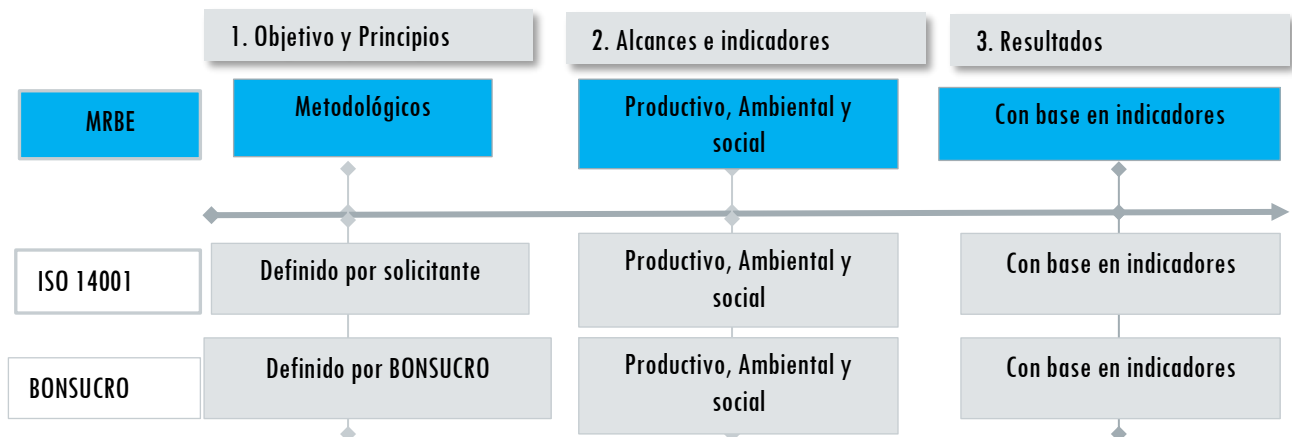


Figura 2. Flujo de las categorías analizadas.

RESULTADOS

1. Objetivos y Principios

Los objetivos del Programa de Manejo de Roedores con Bases Ecológicas (MRBE) expresan tres propósitos fundamentales: la productividad agrícola, el respeto a la biodiversidad y mantener los servicios de los agroecosistemas. Se encuentra en correspondencia tanto con los objetivos de la norma ISO 14001 en su intención de proteger al ambiente hacia la construcción sostenible, así como con los objetivos BONSUCRO enfocados a impulsar la sostenibilidad en la producción de la caña de azúcar y promover mejoras continuas de los impactos negativos económicos, ambientales y sociales.

Los principios del MRBE se enlazan con los principios de la ISO 4001 en los temas de prevención y reconocer que se somos componentes de un ecosistema. Con Bonsucro la coincidencia mayor se observa con el principio de cumplir con las leyes, MRBE dirige sus estrategias operativas con apego a referencias normativas. Además, el enfoque ecosistémico e integral del MRBE corresponde fuertemente con el principio 4 de BONSUCRO de dirigir activamente los servicios de los ecosistemas y biodiversidad.

2. Alcances e indicadores

Particularmente, el **principio 4** contiene el **criterio 4.1** que se refiere a evaluar los impactos de las empresas de la caña de azúcar en los servicios de biodiversidad y ecosistemas; expresado con 6 indicadores, de ellos los **indicadores 5 y 6** marcan la pertinencia del MRBE con los estándares BONSUCRO. El Indicador **4.1.5** se refiere a las dosis de los Agroquímicos aplicados por hectárea por año y el indicador **4.1.6** es considerado el principal y hace mención a las cantidades de ingredientes activos de agroquímicos **prohibidos** detallados en el Anexo A de la Convención de Estocolmo y en el Anexo 3 de la Convención de Rotterdam, en los Anexos A, B, C y D, del Protocolo de Montreal, así como también en las listas **la y lb de la OMS** en donde se encuentran todas las sustancias rodenticidas que son utilizadas en Latinoamérica para roedores plaga de la caña de azúcar.

MRBE propone como solución la aplicación responsable de las sustancias rodenticidas utilizando el método de pulseo, con la selección de productos de menor impacto al ambiente como la Difacinona (0.005 % ia.), colocados en contenedores removibles, aumenta el tiempo de vida útil del producto y su especificidad al control de roedores, disminuyendo el riesgo a la fauna no blanco. Además, permite re ubicar el producto de un área con menos consumo a otra área con mayor consumo.

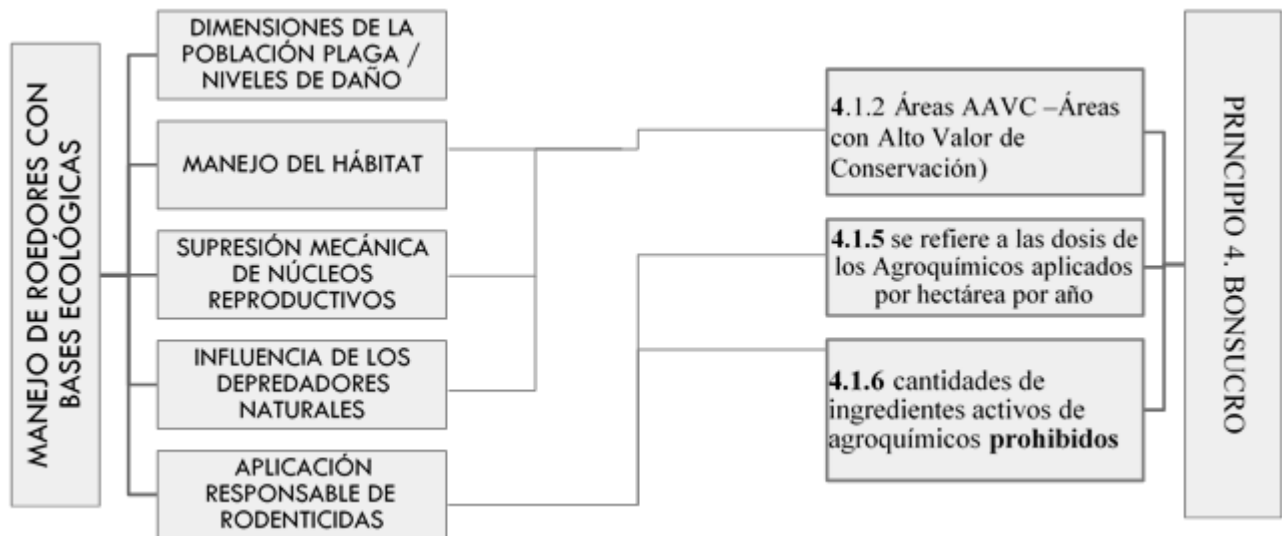


Figura 3. Estrategia operativa MRBE y su correspondencia con los principios de estándares BONSUCRO.

Cuadro 1. Comparación de objetivos y principios del MRBE con las dos entidades certificadoras de producción de la caña de azúcar, bajo principios ambientales y sociales.

MRBE	ISO 14001	BONSUCRO
OBJETIVOS		
<p>Fortalecer la productividad agrícola reduciendo los daños causado por los roedores plaga en los campos cañeros. Mediante estrategias que respeten la biodiversidad y funcionalidad de los agroecosistemas, redundando en mejor la calidad de vida de los agricultores</p>	<p>Proporcionar a las organizaciones un marco de referencia para proteger el medio ambiente y responder a las condiciones ambientales cambiantes, en equilibrio con las necesidades socioeconómicas. Gestionar sus responsabilidades ambientales de una forma sistemática que contribuya al pilar ambiental de la sostenibilidad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar principios de cumplimiento aplicables globalmente, criterios, indicadores y estándares a la producción de la caña de azúcar, basándose en un proceso confiable y transparente que se enfoca en impulsores claves de sostenibilidad en la producción de caña de azúcar. • Promover mejoras comprobables de los principales impactos económicos, medioambientales y sociales en la producción de la caña de azúcar y el procesamiento primario. • Mantener y mejorar continuamente un sistema de certificación que les permita a los productores, compradores y demás integrantes obtener productos derivados de la caña de azúcar que hayan sido producidos utilizando criterios de medición acordados, confiables y transparentes
PRINCIPIOS		
<ul style="list-style-type: none"> • Cumplir con las leyes • Enfoque integral y ecosistémico • Prevenir (monitoreo y evaluación). 	<p>Prevención: controlar la contaminación con la aplicación de un plan regular para todas las cuestiones ambientales.</p> <p>Precaución: Cuando tengamos muchas dudas de las consecuencias de una acción determinada hay que ir con precaución.</p> <p>“Quien contamina paga”: el responsable de la contaminación debe responsabilizarse de los costos que implica reparar el daño.</p> <p>Cooperación: todas las personas y organismos que se encuentran afectados por los planes ambientales y deben participar en la formación.</p> <p>Trabajar dentro de un ecosistema: tiene en cuenta la capacidad de carga de los ecosistemas.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cumplir con las leyes. 2. Respetar los derechos humanos y los estándares laborales. 3. Gestionar la materia prima, producción y controlar el rendimiento de los procesos para mejorar la sostenibilidad. 4. Dirigir activamente los servicios de los ecosistemas y biodiversidad. 5. Mejorar continuamente las áreas claves del negocio.

CONCLUSIONES

La Estrategia metodológica del Programa de Manejo de Roedores con Bases Ecológicas (MRBE) opera alineada la gobernanza de leyes, reglamentos y normas ambientales, de manejo fitosanitario y mantenimiento de los servicios ecosistémico. Por ello, es la alternativa actual para disminuir el impacto económico causado por los roedores plaga en la producción azucarera, frente a los desafíos cada vez mayores de las exigencias normativas de entes certificadores de la calidad de la producción.

La operatividad del MRBE coincide estrechamente con los objetivos, principios, criterios e indicadores de conservación de la biodiversidad y mantenimiento de los servicios del ecosistema que demandan los estándares BONSUCRO y con los objetivos de gestión ambiental y principios de sostenibilidad de la Norma ISO 14001. En este sentido, el MRBE demuestra su pertinencia con los cambios y exigencias de los mercados competitivos internacionales y las exigencias de los certificados de calidad productiva.

Es importante no olvidar que estamos en el comienzo del proceso transformador de la producción de la caña de azúcar y sus derivados. Esto implica la certificación de la producción bajo estándares, cada vez más diversos. Aunado, a la preocupación global por el uso desmedido de agroquímicos de las décadas pasadas y sus consecuencias sociales, ambientales y económicas.

Implementar tecnologías alternativas en la gestión del problema de roedores plaga, como el MRBE asegura la disminución de las pérdidas de rendimiento de los cultivos, mediante estrategias responsables con el ambiente y la sociedad.

Literatura citada

- Abdel-Gawad, K. H. 2001. Evaluation of some chemical and mechanical methods to reduce rodent population in maize fields. In: First International Conference on Safe Alternatives of Pesticides for Pest Management. October 28-19. Assiut University. Egypt. pp. 421-429.
- Blanco-Morales, J., e I. Vásquez-López. 2014. Evaluación de control biológico de roedores plaga de la familia Muridae en agroecosistemas cañeros mediante la adición de perchas artificiales en Veracruz, México. In: Memoria del 9° Congreso de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe (ATALAC). 20-22 de agosto. San José, Costa Rica. pp: 31-37.
- Cameron G. N. 1977. Experimental species removal: demographic responses by *Sigmodon hispidus* and *Reithrodontomys fulvescens*. *J. Mamm.* 58: 488-506.
- Cameron G., N., and B. D. Eshelman. 1996. Growth and reproduction of hispid cotton rats (*Sigmodon hispidus*) in response to naturally occurring levels of dietary protein. *J. Mammal.* 77: 220-231.
- Desoky A., S. S. 2013. Evaluation of chemical and mechanical control to reduce active burrows for *Arvicanthis niloticus* in Sohag Governorate, Egypt. *J. Environ. Friend. Proc.* 1: 14-18.
- Dubock, A.C. 1982. Pulsed baiting - A new technique for high potency, slow acting rodenticides. In: Marsh R. E. (ed.) Proceedings of the Tenth Vertebrate Pest Conference, Held at the Hyatt Del Monte, Monterey, California. February 23-25. Davis, California. pp: 123-136.
- EPA. 2008. Risk mitigation decision for ten rodenticides. Office of Prevention, Pesticides and Toxic Substances. United States Environmental Protection Agency. Washington, D.C. 60 p.

- Gregory M., J., and G. N. Cameron. 1988. Examination of Socially Induced Dispersal in *Sigmodon hispidus*. *J. Mammal.* 69: 251-260.
- Hik D., S. 1995. Does predation risk influence population dynamics? Evidence from the cyclic decline of snowshoe hares. *Wildl. Res.* 22: 115-129.
- <https://www.bonsucro.com/wp-content/uploads/2017/04/Bonsucro-PS-GDC-Spanish-6.pdf>, consultado el 10 enero de 2018.
- Kan I., Y. Motro, N. Horvitz, A. Kimhi, Y. Leshem, Y. Yom-Tov, and R. Nathan. 2014. Agricultural Rodent Control Using Barn Owls: Is it Profitable? *Am. J. Agric. Econ.* 96: 733-752.
- Korpimiiki E., K. Norrdahl, and J. Valkama. 1994. Reproductive investment under fluctuating predation risk: Microtine rodents and small mustelids. *Evol. Ecol.* 8: 357-368.
- Lima M., P. A. Marquet, and F. M. Jaksic. 1999. El Niño events, precipitation patterns, and rodent outbreaks are statistically associated in semiarid Chile. *Ecography* 22: 213-218.
- Lima S., L., and L. M. Dill. 1990. Behavioral decisions made under the risk of predation: a review and prospectus. *Can. J. Zool.* 68: 619-640.
- Randolph J. C., G. N. Cameron, and P. A. McClure. 1995. Nutritional requirements for reproduction in the hispid cotton rat, *Sigmodon hispidus*. *J. Mammal.* 76: 1113-1126.
- Reich L. M., and R. H. Tamarin. 1980. Trap use as an indicator of social behavior in Mainland and Island Voles. *Acta Theriol.* 25: 295-307
- Richards, C. J., and A. P. Buckle. 1987. Towards integrated rodent pest control at the village level. In: Richards C., G. J., and T. Y. Ku (eds.). *Control of Mammal Pest*. Taylor & Francis, London. pp: 293-312.
- Singleton G. R., J. Jacob, C. J. Krebs., and A. Monadjem. 2015. A meeting of mice and men: rodent impacts on food security, human diseases and wildlife conservation; ecosystem benefits; fascinating biological models. *Wildl. Res.* 42: 83-85
- Singleton, G. R., H. Leirs, L. A. Hinds, and Z. Zhang. 1999. Ecologically-based management of rodent pests: re-evaluating our approach to an old problem. In: Singleton G., R., L. A. Hinds, H. Leirs, and Z. Zhang (eds.). *Ecologically-based rodent management of rodent pests*. ACIAR Monograph No. 59. Canberra, Australia. pp: 17-29.
- Vásquez-López, I. 2017. Roedores en agroecosistemas cañeros: Enfoque bioeconómico. *Memorias del Congreso Nacional ATAM 2017*. <https://www.atamexico.com.mx/wp-content/uploads/2017/11/7.-PÓSTERES.pdf>
- Vásquez-López, I., C. Lorenzo-Monterrubio, y J. Bolaños-Citalan. 2013. *Roedores habitantes de los agroecosistemas cañeros. Guía de campo*. Fundación Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México. 200 p.
- Vásquez-López, I., N. Aguilar-Rivera, J. L. Vásquez, y D. P. Carrera. 2014. *Guía Técnica para el monitoreo de roedores de agroecosistemas cañeros*. Fundación Universidad Veracruzana. 150 p.
- Witmer, G., and G. Proulx. 2010. Rodent outbreaks in North America. In: Singleton G. R., S. R. Belmain, P. R. Brown, and B. Hardy (eds.). *Rodent Outbreaks: ecology and impacts*. International Ride Research Institute. Los Banos, Philippines. pp: 253-267.
- Ylönen H. 1994. Vole cycle and antipredatory behaviour. *Trends Ecol. Evol.* 9: 426-430.
- Zhibin Z. 2001. Relationship between El Niño/South Oscillation (ENSO) and population outbreaks of some lemmings and voles in Europe. *Chin. Sci. Bull.* 46: 1067-1073.