

Procedimiento para identificar y prevenir riesgos en la comercialización de vitroplantas de caña de azúcar

Procedure for identifying and prevent risks in *in vitro* sugarcane plantlets marketing

Ana Rosa Hernández Freire¹, Carlos Machado Osés², Zenaida Ocegüera Aguila¹, Carlos Reyes Esquirol¹, Aydiloide Bernal Villegas¹

¹Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Villa Clara-Cienfuegos. Autopista nacional km 246. Ranchuelo, Villa Clara, Cuba, C.P. 53100.

²Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Carretera a Camajuani km 6½. Santa Clara, Villa Clara, Cuba, C.P. 54830.

E-mail: ctecnica@epica.vc.minaz.cu

RESUMEN. El trabajo se realizó con la utilización del Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) como una metodología de trabajo en grupo para identificar y prevenir los riesgos del proceso de comercialización de vitroplantas de caña de azúcar. Esta investigación se llevó a cabo con el objetivo de identificar y prevenir los modos de fallos en el proceso por la importancia que tiene la siembra de vitroplantas para los bancos de semilla o granjas agropecuarias debido a que se logra una multiplicación mayor y más rápida con alto valor fitosanitario. Se definieron los puntos críticos para aquellos valores de Índice de Prioridad de Riesgo (IPR) mayores o iguales a ochenta y fue considerada la repercusión de los fallos sobre el sistema, además de su importancia intrínseca, pues se corresponden con las observaciones y experiencias del cliente estableciéndose reglas de trabajo para prevenir o controlar los modos de fallos del proceso. Se necesita cumplir con estas reglas así como hacer extensivo el estudio y la aplicación del procedimiento descrito en todos los procesos de la biofábrica.

Palabras clave: AMFE, procedimiento, riesgos.

ABSTRACT. Seed Banks and agricultural farms benefit greatly from plant in vitro Culture techniques, for their rapid propagation processes and the production of disease-free plantlets. However, the production and commercialization process can fail and it is not as successful as it was supposed to. The objective of this study is to identify potential failure modes at the acclimatization stage of plantlets to ex vitro conditions at Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Villa Clara (ETICA). A methodology of Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) was applied. A value of 80 or higher was determined to be the Risk Priority Number (RPN) and the more relevant failure modes were defined at the acclimatization and commercialization stages and ground rules and assumptions were established in order to prevent and control failure modes of the process. The study and implementation of the methodology to other processes at ETICA is strongly recommended.

Key words: AMFE, procedure, risks.

INTRODUCCIÓN

La aclimatación de las plantas es un proceso necesario y gradual, a través del cual se reducen al mínimo las pérdidas "in vitro" después de su trasplante donde las plantas se adaptan a las nuevas condiciones, de forma progresiva respecto a sus estructuras y fisiología. Durante la fase de adaptación estas plantas están forzadas a ser completamente autótrofas y sintetizar los compuestos orgánicos necesarios a partir de minerales, agua, CO₂ y luz. Este cambio en las plantas, así como, la morfología de las mismas, determina la susceptibilidad durante las etapas iniciales del proceso de aclimatación.

Los objetivos primarios de esta fase son lograr la supervivencia de las plantas al momento del trasplante y el inicio del crecimiento de las mismas Jiménez (2000). Lo más importante en esta fase es que las plantas formen un buen sistema radicular, lo cual le permitirá soportar el estrés a que son sometidas al ser plantadas en el campo (Soria *et al.*, 2000).

En la fase de adaptación las vitroplantas son protegidas por una malla zaranda aunque existe la posibilidad de instalar un sistema automático que permite la posibilidad de extender o recoger la

cubierta en función de las necesidades luminosas de las plantas (Jiménez, 2010).

La disciplina del Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) fue desarrollada en el ejército de Estados Unidos por los ingenieros de la *Nacional Agency of Space and Aeronautical* (NASA). El AMFE es una metodología de trabajo en grupo muy estricta para evaluar un sistema, un diseño y/o un proceso, dirigido a lograr el aseguramiento de la calidad y a contribuir e identificar ó prevenir los modos de fallo, tanto de un producto o servicio como de un proceso, para ello evalúa su gravedad, ocurrencia y detección, mediante los cuales se calculará el Índice de Prioridad de Riesgo (IPR) (Ford Motor Company, 1991). Se aplica por medio del estudio de los fallos al establecer un plan de control dimensional. También es aplicable a la mejora de los productos ya existentes y a cualquier tipo de proceso.

La metodología se ha extendido a la mayoría de las organizaciones donde se requieren bajos costos y como es un proceso interactivo, al aplicarse por primera vez se proponen medidas correctivas que pueden estar asociadas a controles ausentes en el diseño del proceso, pasan después a una segunda vuelta en las que se analizan métodos a emplear para disminuir el valor del IPR y ya en una tercera vuelta se proponen y ponen en funcionamiento acciones preventivas. Posteriormente se organiza el control (Figueras, 2010). Sus objetivos son: Análisis de fallos que pueden afectar a un producto o sistema y las consecuencias que conllevan sobre los mismos; identificación de modos de fallo y su priorización sobre los efectos del producto o sistema, considerando diferentes criterios; determinación de los sistemas de detección para los distintos modos de fallo y aseguramiento de los mismos a través de revisiones periódicas, satisfacción del cliente interno y externo, por la mejora de la calidad del proceso o diseño del producto.

Los elementos del AMFE, según Ford Motor Company (1991) son: modos de fallo, efecto de fallo, causas de fallo y controles a desarrollar.

En la fase de aclimatización de la biofábrica no existe un procedimiento para identificar y prevenir

los riesgos en la comercialización de vitroplantas de caña de azúcar, lo que es la principal problemática a resolver. El objetivo del trabajo es de identificar y prevenir los modos de fallos del proceso de comercialización de las vitroplantas de caña de azúcar.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en la fase de adaptación de la biofábrica, adjunta a la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Villa Clara (ETICA). A partir del procedimiento descrito por González (2006) (figura) se utilizó el AMFE como una metodología de trabajo en grupo para identificar y prevenir los riesgos del proceso de comercialización de vitroplantas de caña de azúcar.

Se comenzó con la lista de cada una de las operaciones del proceso y los posibles modos de fallos, o sea, los puntos críticos. Ulteriormente fue determinado los elementos del AMFE y para dimensionar los modos de fallo, también se establecieron los criterios de valoración de los coeficientes de Frecuencia, Gravedad y Detección (F, G y D). Ante la carencia de datos estadísticos para realizar el AMFE, resultó conveniente crear un grupo de expertos conocedores del proceso, los cuales, teniendo en cuenta las condiciones propias de la entidad, emitieron la puntuación de acuerdo con los criterios de valoración de Figueras (2010). Posteriormente se procedió a calcular el Índice de Prioridad de Riesgos (IPR), según la fórmula $IPR = F * G * D$ que aparece en el Manual del AMFE (Ford Motor Company, 1991), y el IPR crítico (IPR_c) del proceso al contar con el criterio de los expertos.

Se trabajó con el valor de la mediana determinada para cada índice (F, G y D). Cuando los valores de la mediana no son exactos fue tomado el valor entero que más rigor implicó. Después se elaboró un plan de acción que se debe controlar y de esta manera concluyó el AMFE, que puede darse por finalizado cuando las operaciones han sido identificadas, evaluadas y todas las características críticas se han definido en el plan de control.

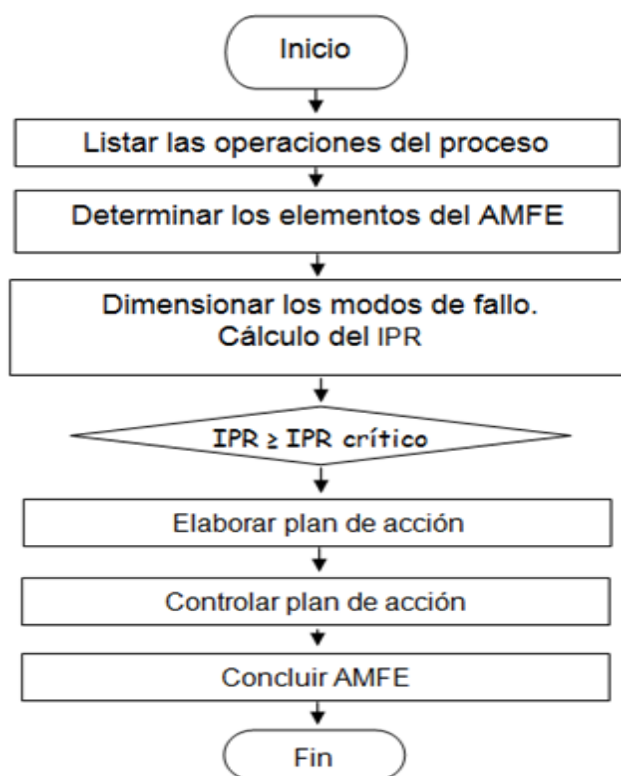


Figura. Procedimiento para la aplicación del AMFE. Fuente: Elaboración propia basada en González (2006)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los resultados obtenidos se aprecian los posibles modos de fallos en el proceso. Los coeficientes de los elementos del AMFE se comportan según la Tabla mostrada a continuación.

Espinosa (2010) refiere que el valor recomendado como crítico se encuentra en el rango (80–100) y debe ser fijado por el equipo encargado de la aplicación del procedimiento, lo que coincide con los expertos que realizan el trabajo y definen los puntos críticos para aquellos valores de IPR $e^{>}$ 80, al considerar que la clasificación de las vitroplantas por tamaño es decisiva en el proceso. Por lo tanto, es el punto crítico de control fundamental e incide sobre los demás posibles fallos que se hace alusión en la tabla, lo que a la vez coincide con lo referido por Pérez (1988).

La separación por tamaños está clasificada en pequeñas, medianas y grandes (Pérez, 1988) por lo que si no se realiza una correcta clasificación la siembra no estaría bien, aunque se trabaje con una sola variedad, en una misma sesión de trabajo, porque sino pueden mezclarse los tamaños o lo que sería peor, una mezcla de dos genotipos. Según

el cálculo del IPR, en el orden de prioridad de los modos de fallo el más importante es no realizar correctamente la clasificación por tamaños antes de la plantación, tarea a convertirse monótona por la gran cantidad de plantas a manipular, de ahí la gran importancia de llevar a cabo el control, lo que coincide con lo planteado en el Manual del AMFE (Ford Motor Company, 1991), y permite individualizar las plantas, corregir los defectos de supervivencia y por tanto aumentar la producción.

Otro punto crítico muy importante es la venta ya que no se puede hacer sin realizar muestreos previos para determinar las cantidades y calidad real a vender, lo que se puede identificar claramente después de sembradas las vitroplantas en el campo. Debe respetarse la forma de identificar los efectos de los fallos, lo que corresponde con las observaciones y experiencia del cliente del producto (González, 2006). Sin embargo, resulta conveniente considerar la repercusión de los fallos sobre el sistema, además de su importancia intrínseca pues se corresponden con las observaciones y experiencias del cliente. De acuerdo con la percepción del cliente, se pueden dar las siguientes categorías de fallos, según Espinosa (2010): sin consecuencias, ligeras

Tabla. Resumen de la aplicación del AMFE. (Fuente: Elaboración propia)

molestias (LM), descontento, gran descontento o problema de seguridad.

Los resultados obtenidos se categorizan en LM, ya que pueden existir fallos de siembra, cepellones no formados o alguna mezcla varietal. Es bueno destacar que la biofábrica asume cualquier fallo que se presente, o sea, se realizan servicios posventa. Para evitar que se produzcan fallos es necesario efectuar autocontroles (por parte de los operarios), los controles del jefe de la brigada y auditorías de control por el especialista responsable del proceso.

Para elaborar el plan de acción son necesarias las condiciones propias del proceso que parten de los puntos de control ya existentes; aunque resulta conveniente manejar la interpretación del criterio de riesgos de la Ford Motor Company (1991): Debajo de un riesgo menor no se toma acción, debajo de un riesgo moderado se debe tomar alguna acción, debajo de un alto riesgo se deben tomar acciones específicas, debajo de un riesgo crítico se deben realizar cambios significativos del

sistema, modificaciones en el diseño y mejora de la fiabilidad de cada uno de los componentes.

Las reglas de trabajo en la fase de adaptación establecidas y que coinciden con lo expuesto por Pérez (1988) son las siguientes:

- Las vitroplantas tienen que ser sembradas por tamaños.
- No se debe mezclar dos tamaños en una misma bandeja.
- Hay que sembrar una sola variedad en una misma sesión de trabajo.
- No sembrar en cajas que no estén debidamente lavadas y desinfectadas.
- En un cantero no puede existir más de una variedad y debe estar debidamente identificado, al igual que las bandejas.
- El deshije se realizará por variedades y nunca más de una variedad en una misma sesión de trabajo.
- No se realiza la venta ni se traslada más de una variedad al mismo tiempo.

De esta manera, queda demostrado que todas las limitaciones o riesgos tienen reglas definidas para eliminarlos o controlarlos.

CONCLUSIONES

1. Se define un procedimiento para la aplicación del Análisis Modal de Fallos y Efectos.
2. Se logra establecer las limitaciones y riesgos que existen al aplicar el AMFE para la búsqueda de los fallos en el proceso, con los objetivos de minimizar y definir las reglas de trabajo para eliminarlos.
3. Los puntos críticos para los valores de IPR e" 80 quedaron definidos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Espinosa, L.: Procedimiento para la aplicación del AMFE en el proceso de servicio del Banco de Sangre de Villa Clara. Trabajo de Diploma. Facultad de Ciencias Empresariales, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, 2010.
2. Figueras, I.: Procedimiento para la aplicación del AMFE en el proceso de servicio de mantenimiento especializado del Centro de Desarrollo Electrónico. Trabajo de Diploma. Facultad de Ciencias Empresariales, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, 2010.
3. González, Ebir.: Procedimiento para la aplicación proactiva de la calidad en el servicio de mantenimiento técnico especializado. Trabajo en opción del Título de Máster en Ingeniería Industrial Mención Calidad. Facultad de Ingeniería Industrial y Turismo,

Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, 2006.

4. Jiménez, F. A.: Aclimatización de plantas in vitro y producción de minitubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.) en casas de cultivo. Tesis para optar por el grado científico de Magister Scientiae en Biotecnología Vegetal. IBP, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, 2000.

5. Jiménez, F.A.: Aclimatación de vitroplantas. 2010. En sitio web: <http://www.asthor.com/umbraculos.htm>. Consultado 17/4/2010

6. Ford Motor Company: Manual AMFE. 1991. En sitio web: <http://www.fmecca.com>. Consultado 17/4/2010

7. Soria, E.M.A.; C. Reyes; Z. Occeguera; C. Pereira: Micorrización de plantas micropropagadas de caña de azúcar (*Sacharum officinarum*). Agricultura Técnica, 61(4): 436-443, 2001.

8. Pérez, J.; M. Suárez; P. Orellana: Instructivo técnico para la micropropagación in vitro de la caña de azúcar. Instituto de Biotecnología de las Plantas. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, 1988.

Recibido: 15/01/2014

Aceptado: 29/03/2014