



Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias

ISSN: 1010-2760

paneque@isch.edu.cu

Universidad Agraria de La Habana Fructuoso

Rodríguez Pérez

Cuba

Díaz, L. Domonico; Cruz, R. J. C.; García, A. E.
Modelación del proceso cosecha-manipulación-transporte de la piña en la empresa de Ciego de Ávila
Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, vol. 11, núm. 2, 2002, pp. 37-40
Universidad Agraria de La Habana Fructuoso Rodríguez Pérez
La Habana, Cuba

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93211207>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Modelación del proceso cosecha-manipulación-transporte de la piña en la empresa de Ciego de Ávila

Harvest-manipulate-transport process model of the pineapple in Ciego de Ávila enterprise

L. Dominico Díaz¹, R. J. C. Cruz¹, A. E. García¹

RESUMEN. El presente trabajo se realizó en la Empresa Piña de la provincia de Ciego de Ávila, con el objetivo de minimizar el costo del proceso de poscosecha, sobre la base de reducir los gastos de operación de los elementos de la cosecha, del transporte y de las pérdidas de fruta durante el proceso. Para esto se desarrolló un Modelo Económico-Matemático en el cual se relacionan, los métodos de cosecha (manual y semimecanizado), el transporte y las propiedades reológicas de la fruta de piña, relacionadas con los daños mecánicos que la misma pueda recibir durante su manipulación, y así garantizar los volúmenes de fruta a entregar a los diferentes destinos (consumo fresco e industria) y a la vez que la misma reúna los requisitos adecuados en lo referente a la calidad.

Mediante este modelo se permite obtener:

1. Con qué calidad se entrega la piña al consumidor a partir de determinadas condiciones técnico-organizativas.
2. Prefijada una calidad de la fruta, definir las relaciones tipo de cosecha-manipulación-transporte, lo que contribuye a dirigir las medidas técnico-organizativas.
3. Un procedimiento mediante el cual se relacionan tipos de cosecha, tipo de transporte, demora cosecha-entrega y el mínimo por ciento de frutas dañadas durante el transporte, para elaborar el plan cosecha-manipulación-transporte a los diferentes destinos.

Palabras clave: Modelo, costo, daños, transporte, calidad, piña.

ABSTRACT. With the objective of minimise the cost of post-harvest process, reducing the operation cost of the elements of harvesting, transportation and the reduction of fruit loses during the process was done this work. For this an economic-mathematics model was developed. In it the methods of harvesting (handle and half mechanise), the transportation and the physic-mechanic properties of the pineapple fruit related to the mechanical damages that it receives during the manipulation, in order to guarantee the fruit volumes to be delivering to different places (fresh consumption and industry) and at the same time that it possesses the necessary quality requirements was related.

The model permit to get:

1. What is the quality of the pineapple fruit delivering to the consumer taken into account some technical-organizational conditions.
2. Once established the fruit quality, to define the type of relations of harvesting-transport, that contribute to chose the rules of organisation.
3. A procedure throughout it is related the types of harvesting and transportation means, delay between harvest and delivering and minimum per cent of damage fruits during the transportation in order to elaborate the harvesting-transportation plan to the different places.

Key words: Model, cost, damages, transport, quality, pineapple.

Recibido 12/03/02, trabajo 024/02, investigación

¹ Departamento de Mecánica Aplicada, Facultad de Ingeniería, Universidad de Ciego de Ávila. Carretera Ciego-Morón km 10, Ciego de Ávila, Cuba, Teléfono: 057 33 25702, Fax: 057 33 266365. E-mail: ldominico@facmeca.unica.cu

INTRODUCCIÓN

Existe una amplia literatura sobre modelos desarrollados para minimizar el costo de transporte o el costo de inventario (Speranza M. G., 1996). Varios investigadores han propuesto modelos de optimización para solucionar estos problemas con un *spectrum* ancho de situaciones prácticas, y un esfuerzo constante para desarrollar métodos de solución más eficaces con modelos más realistas. Hay también una cantidad grande de literatura acerca de los problemas recientes de las cargas por contenedores. Por otro lado un número relativamente más pequeño de trabajos ha estado dirigido a minimizar el costo de los procesos tecnológicos de cosecha-manipulación-transporte de las frutas.

El proceso tecnológico cosecha-manipulación-transporte de la piña es complejo, porque en él interactúan labores de diferente naturaleza, y cada una de las labores puede diferenciarse en su ejecución o en su organización. Por esa razón se requiere de una herramienta que tenga en consideración cada una de las particularidades de estas labores, por lo cual se desarrolló un Modelo Económico-Matemático, mediante el cual se relacionan los diferentes métodos de cosecha, los medios de transporte, las características reológicas de la fruta y los daños que estas reciben durante su manipulación y transporte, para garantizar los volúmenes de fruta necesarios y a la vez que reúnan los requisitos adecuados en lo referente a la calidad.

En la producción de frutas y hortalizas tiene una influencia determinante el factor tiempo transcurrido entre la cosecha y la entrega en los destinos, y la disminución de los niveles de daños en toda la fase de poscosecha, particularmente durante el servicio de transporte, lo que permite reducir la cantidad de frutas desechadas y entregar un producto de mayor calidad. En la organización tecnológica utilizada para realizar el proceso cosecha-manipulación-transporte de la piña se encuentran los factores de los cuales dependen los valores que toman dichos factores.

El presente trabajo está dirigido a desarrollar un modelo que permita minimizar el costo del proceso cosecha-manipulación-transporte de la piña a partir de: las condiciones técnico-organizativas existentes en la empresa, la calidad de fruta, y las relaciones de tipo cosecha-manipulación-transporte, lo que contribuye a dirigir las medidas técnico-organizativas y la confección de un procedimiento mediante el cual se relacionan el tipo de cosecha, tipo de transporte, demora cosecha-entrega y el mínimo por ciento de frutas dañadas durante el proceso.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron piñas de la variedad **Española Roja** cosechadas al mismo tiempo que la recolección comercial, tanto en la cosecha manual como en la mecanizada.

Mediante el fotocronometraje se determinaron los diferentes tiempos de las operaciones en cada una de las actividades del proceso tecnológico de cosecha-manipulación-transporte, evaluándose también los daños ocurridos en las piñas durante la cosecha y el transporte, determinando los por cientos de frutas dañadas de acuerdo con su estado de madurez y por tipos de medios de transporte.

Premisas para el desarrollo del modelo

Para la formulación del modelo hay que definir el método de cosecha, el cual se determina atendiendo a factores objetivos como son:

- El estado de madurez de la fruta.
- El rendimiento agrícola.
- La disponibilidad de semicosechadoras.
- La disponibilidad de fuerza de trabajo.

Una vez elegido el método de cosecha se definen los valores óptimos de las variables de decisión del proceso cosecha-manipulación-transporte, para lo cual se exige el cumplimiento de cinco etapas de trabajo, estas son:

1. Estudio del proceso de transportación de la piña.
2. Determinación exacta del problema y establecimiento del criterio de optimización a utilizar.
3. Construcción del modelo matemático que representa el sistema de transportación de la piña.
4. Obtención a partir del modelo de una solución que brinda los valores óptimos de las variables de decisión del proceso de planificación del servicio de transporte de la piña.
5. Análisis de la situación obtenida.

Formulación del modelo

La función objetivo estará dada por la expresión:

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^n C_i X_i \quad (1)$$

donde:

Z: costo promedio de la tonelada de piña transportada hacia los diferentes destinos;

n = 4 que son las variables de decisión antes planteadas;

C_i: costo promedio de la transportación de una tonelada de piña, cosechada y transportada de acuerdo con el procedimiento *i* dividido entre 100;

X_i: variables de decisión, porcentajes respecto a la capacidad de cosecha de piña de la empresa en 8 horas, cosechada y transportada de acuerdo con el procedimiento *i*.

Desarrollando la sumatoria (1) se obtiene la función objetivo del modelo de programación lineal a resolver:

$$\text{Min } Z = C_1 X_1 + C_2 X_2 + C_3 X_3 + C_4 X_4 \quad (2)$$

Siendo las variables de decisión:

$$\text{Min } Z = C_1(\%QCM_{CB}) + C_2(\%QSM_{PID}) + C_3(\%QC_T) + C_4(\%QC_I) \quad (3)$$

donde los coeficientes C_i son:

$$C_1 = CPT_{CB} \quad (4)$$

$$C_2 = CPT_{PID} \quad (5)$$

$$C_3 = CPOM_{CB} + CPT_T \quad (6)$$

$$C_4 = CPOM_{PID} + CPT_T \quad (7)$$

quedando la función objetivo expresada por la expresión (8)

$$\begin{aligned} \text{MIN } Z = & \frac{CPT_{BC} (\%QCM_{CB}) + CPT_{PID} (\%QSM_{PID}) +}{100} \\ & + \frac{[CPOM_{CB} + CPT_T] (\%QC_T)}{100} \\ & + \frac{[CPOM_{PID} + CPT_I] (\%QC_I)}{100} \end{aligned} \quad (8)$$

Las restricciones están definida por:

$$\sum_{i=1}^n A_{1i} X_i \leq b_1 \quad (9)$$

donde:

A_{1i} : son los valores correspondientes al tiempo promedio transcurrido entre la cosecha y la entrega de la piña cosechada y transportada de acuerdo con el procesamiento i .

quedando la expresión de la forma siguiente:

$$A_{11} X_1 + A_{12} X_2 + A_{13} X_3 + A_{14} X_4 \leq b_1 \quad (10)$$

$$\begin{aligned} A_{11} (\%QCM_{CB}) + A_{12} (\%QSM_{PID}) + \\ + A_{13} (\%QC_T) + A_{14} (QC_I) \leq b_1 \end{aligned} \quad (11)$$

los coeficientes A_{1i} son:

$$A_{11} = \frac{TCM_{CB} + TT_{CB}}{100} \quad (12)$$

$$A_{12} = \frac{TCS_{PID} + TT_{PID}}{100} \quad (13)$$

$$A_{13} = \frac{TE_{CB} + TT_T}{100} \quad (14)$$

$$A_{14} = \frac{TE_{PIB} + TT_I}{100} \quad (15)$$

b_1 : tiempo promedio entre la cosecha y la entrega de la piña en los diferentes destinos.

Finalmente la ecuación de la primera restricción queda expresada por la expresión:

$$\begin{aligned} \frac{[TCM_{CB} + TT_{CB}] (\%QCM_{CB}) + [TCS_{PID} + TT_{PID}] (\%QSM_{PID}) +}{100} \\ + \frac{[TE_{CB} + TT_T] (\%QC_T) + [TE_{PID} + TT_I] (\%QC_I)}{100} \end{aligned} \quad (16)$$

La segunda restricción es la relativa al porcentaje promedio de fruta dañada presente en la piña entregada a los usuarios.

Esta restricción vendrá definida por:

$$\sum_{i=1}^n A_{2i} X_i \leq b_2 \quad (17)$$

donde:

A_2 : son los valores correspondientes a los porcentajes promedios de frutas dañadas y transportadas de acuerdo con el procedimiento i dividido entre 100. Quedando la expresión de la forma siguiente:

$$A_{21} X_1 + A_{22} X_2 + A_{23} X_3 + A_{24} X_4 \leq b_2 \quad (18)$$

Donde los coeficientes A_2 son:

$$A_{21} = \frac{FD_T}{100} \quad (19)$$

$$A_{22} = \frac{(ED_{CPID})}{100} \quad (20)$$

$$A_{23} = \frac{(ED_{PID})}{100} \quad (21)$$

$$A_{24} = \frac{(ED_I)}{100} \quad (22)$$

$b_2 = X$: porcentaje promedio de fruta dañada que es enviada a los diferentes destinos.

Quedando la ecuación de la segunda restricción expresada por (23).

$$\begin{aligned} \frac{(QCM_T) \% FD_T + (QC_{CPID}) \% FD_{CPID} + (QSM_{PID}) \% FD_{CPID} +}{100} \\ + \frac{(QC_I) \% FD_I}{100} \end{aligned} \quad (23)$$

Las siguientes restricciones serán las asociadas al tipo de cosecha planificada y se definirán por:

$$X_1 = b_3 \quad (24)$$

$$X_2 = b_4 \quad (25)$$

$$X_3 = b_5 \quad (26)$$

donde:

b_3 : porcentaje de piña cosechada manualmente con destino al turismo;

b_4 : porcentaje de piña cosechada manualmente para la industria;

b_5 : porcentaje de piña cosechada mecanizadamente con destino a la industria.

Para garantizar el cumplimiento de la norma potencia y así la entrega de los volúmenes de piña a la industria, tiene que cumplirse la condición de que b_5 sea igual a:

$$\frac{W_i}{t_i}$$

siendo W_i la productividad sin falla de las máquinas semio-sechadoras.

Otra restricción que debe ser incluida, es la relativa al centro de beneficio, de forma tal que la piña a recepcionar en el mismo no sobrepase la tarea diaria establecida para él, de aquí que la restricción sea defina por:

$$X_1 \leq b_6 \quad (27)$$

donde:

b_6 : porcentaje de piña capaz de beneficiar en 8 horas el centro de beneficio.

Finalmente se debe incluir una restricción que tenga en cuenta la utilización más económica de la capacidad de carga de los medios de transporte, ya sea para el turismo o para la industria, de forma que se garantice, a partir de las propiedades físico-mecánicas de la piña y de las formas de embalajes utilizadas, la utilización más racional. Dicha restricción quedará de la forma siguiente:

$$X_3 \leq b_7 \quad (28)$$

$$X_4 \leq b_8 \quad (29)$$

donde:

b_7 y $b_8 = Q_{\text{real}}$ y $Q_{\text{real-1}}$: carga real más económica para cada tipo de medio de transporte, determinada mediante el modelo (15) desarrollado por el autor.

Finalmente el Modelo Económico-Matemático resultó el siguiente:

Función objetivo

$$\text{Min } Z = 0,26 X_1 + 0,17 X_2 + 1,19 X_3 + 0,38 X_4$$

Sistemas de restricciones:

$$\begin{aligned} 1,62X_1 + 1,19X_2 + 9,30X_3 + 8,25X_4 &\leq 8,10 \\ 0,005X_1 + 0,014X_2 + 0,012X_3 + 0,008X_4 &\leq 10,00 \\ X_1 &\geq 8,25 \\ X_2 &\geq 5,70 \\ X_1 &\leq 7,21 \\ X_3 &\leq 4,70 \\ X_4 &\leq 6,27 \end{aligned}$$

El Modelo Económico-Matemático desarrollado brindó resultados que se caracterizaron por:

1. La existencia de una relación directa entre el tiempo de cosecha-entrega y el costo de transportación, y entre el nivel de piñas dañadas y el costo de transportación.
2. Se evidenció la necesidad de realizar la selección de la piña para la transportación por su estado de madurez.
3. Se garantiza la estructura de transporte que para un tiempo entre cosecha y entrega y un nivel de frutas dañadas dadas, brinda el menor costo posible de transportación.

CONCLUSIONES

- El Modelo Económico desarrollado da respuesta a la organización del proceso tecnológico de cosecha-manipulación-

transporte de piña en las condiciones de Ciego de Ávila, Cuba, y en correspondencia con el criterio de optimización utilizado. Es posible reducir el costo promedio del proceso sobre la base de:

1. Disminución del tiempo entre cosecha-entrega, contribuyendo a conservar la calidad de la piña.
2. Reducción de los niveles de piñas dañadas durante todo el proceso.
3. Reducción del costo de operación.

BIBLIOGRAFÍA

- BACOET, A.: *Modelos económico-matemáticos de planificación del transporte en la agricultura*, Editorial Tecnik, Kiev, 1973.
- CENEN, S.S. and M.M. COLLADO: *Uso de la programación lineal en la selección de maquinaria agrícola*, 2000.
- DIMICK, P.S. and J.C. HOSKIN: "Review of Apple Flavour-State of the Art", *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 18:386-409, 1983.
- DIXON, J. and E. W. HEWETT: "Hypoxic Treatments Alter Volatile Concentration of Apple Cultivars", *J. Sci. Food Agric.* (in press), 2000.
- GWILLIAM, K. M. and H. GEERLING: "New Technologies and their Potential to Reduce the Environmental Impact of Transportion", *Transporttion Resarch A*, 28^a:307-319. 1998.
- JONES, C. S. *et al.*: "A Model to Predict Damage to Horticultural Produce During Transport", *J. Agric. Engr. Res.*, (50), 259-273. 1991.
- LIDSTER, P.D.; H.J. LIGHTFOOT and K.B. McRAE: "Production and Regeneration of Principal Volatiles in Apples Stored in Modified Atmospheres and Air", *J. Food Sci.*, 48:400-402.410.
- MATTHEIS, J.P.; D.A. BUCHANAN and J.K. FELLMAN: "Volatile Compounds Emitted by 'Gala' Apples Following Dynamic Atmosphere Storage", *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 123:426-432, 1998.
- : "Changes in Apple Fruit Volatiles after Storage in Anaerobic Atmospheres", *J. Agr. Food. Chem.*, 39:1602-1605, 1991.
- PATTERSON, B.D.; S.G.S. HATFIELD and M. KNEE: "Residual Effects of Controlled Atmosphere Storage on the Production of Volatile Compounds by two Cultivars of Apples", *J. Food Sci. Agr.*, 25:843-849. 1974,
- SPERANZA, M. G.: "An Algorithm for Optimal Shipments with Given Frequencies", *Naval Research Logistics*, 43, 654-671. 1996.
- STREIF, J. and F. BANGERTH: "Production of Volatile Aroma Compounds by Golden Delicious Apple Fruit after Storage for Various Times in Different CO₂ and O₂ Atmospheres", *J. Hort. Sci.*, 63: 193-199, 1994.
- YAHIA, E.M.: "Apple Flavor", *Hort. Rev.*, 16:197-234, 1994.