

**PROPUESTA DE UN SISTEMA PARA LA PLANEACIÓN DE LA
RECOLECCIÓN DE LA COSECHA PARA LA OPTIMIZACION DE RECURSOS Y
COSTOS EN LA EMPRESA PALMERAS DE YARIMA S.A**



**DANIELA MARTÍNEZ MUNEVAR
JUAN FELIPE SERRANO PRADA**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BUCARAMANGA**

2012

**PROPUESTA DE UN SISTEMA PARA LA PLANEACIÓN DE LA
RECOLECCIÓN DE LA COSECHA PARA LA OPTIMIZACION DE RECURSOS Y
COSTOS EN LA EMPRESA PALMERAS DE YARIMA S.A**

DANIELA MARTÍNEZ MUNEVAR

ID: 95017

JUAN FELIPE SERRANO PRADA

ID: 95203

TUTOR ASIGNADO:

Ing. MARÍA TERESA CASTAÑEDA

PROYECTO DE GRADO

PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BUCARAMANGA**

2012

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bucaramanga, Marzo 2 del 2012.

*Este trabajo está dedicado a Dios y a nuestras familias que
han sido el mayor apoyo en este proceso de formación
universitaria que culmina con la entrega de este documento.*

Gracias

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de grado es la recopilación de esfuerzos, conocimientos, opiniones e información, en donde participaron un grupo de personas que ayudaron, directa o indirectamente, a la realización exitosa de este documento.

En primera medida queremos agradecer al Doctor Alexander Villanueva, Gerente General de la empresa Palmeras de Yarima S.A quien nos abrió las puertas haciendo posible la realización de este trabajo.

A Roberto Martínez, Contador Público, que con sus amplios conocimientos, su gran personalidad, su carisma y sentido del humor nos brindó un apoyo incondicional en este proceso. Una gran persona, de admiración por su constancia y entrega hacia las cosas que realmente son importantes y tienen valor en la vida.

A Martha Patricia Prada, Ingeniera Industrial y Especialista en Estadística, que nos demostró con su perseverancia, esfuerzo y disciplina que en la vida no hay cosas imposibles, que la actitud de cada uno y la visión que se tenga del futuro determina el carácter de cada persona. Con su actitud siempre positiva, su gran capacidad para el análisis, manejo e interpretación de la información fue un apoyo constante en la realización de este trabajo.

Al Doctor Gabriel Yáñez Canal, Profesor Titular de la Escuela de Matemáticas de la UIS, que con su humor, vastos conocimientos, generosidad y experiencia nos brindó opiniones muy valiosas durante el proceso de materialización de este proyecto de grado, en miras de obtener los mejores resultados.

Y cómo no, a nuestra tutora, la Ingeniera María Teresa Castañeda, por sus aportes que encaminaron y direccionaron nuestros esfuerzos hacia la finalización de este documento.

CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTOS	5
INTRODUCCIÓN	14
1. OBJETIVOS	16
1.1. OBJETIVO GENERAL	16
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
2. MARCO CONCEPTUAL.....	17
3. MARCO TEÓRICO	20
3.1. SISTEMA DE COSTEO	20
3.2. SERIES DE TIEMPO	23
3.2.1 Suavizamiento de promedios móviles	25
3.2.2 Suavizamiento exponencial simple de Brown	26
3.2.3 Suavizamiento exponencial doble de Holt.....	28
3.2.4 Suavizamiento exponencial de Winter	29
3.2.5 Modelo Autorregresivo Integrado de Medias Móviles ARIMA	30

3.2.6	Regresión lineal con ajuste estacional	32
3.2.7	Comparación de modelos	33
4.	CONCEPTUALIZACION DE LA COSECHA DE PALMA AFRICANA	36
4.1.	ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES.....	37
4.2.	COSECHA DE PALMA AFRICANA	38
4.3.	CONTROLES DE COSECHA.....	41
4.4.	SISTEMAS DE RECOLECCIÓN.....	41
4.5.	TRANSPORTE DE LOS RACIMOS Y FRUTOS SUELTOS	43
5.	METODOLOGÍA.....	45
5.1.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	45
5.2.	ÁREA DE ESTUDIO	45
5.3.	FUENTES DE INFORMACIÓN	45
5.4.	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	46
6.	ESTUDIO Y ANALISIS DE COSTOS	48
6.1.	COSTOS DE LA COSECHA MECANIZADA	48
6.2.	COSTOS DE LA COSECHA CON SEMOVIENTE	51
6.3.	COSTOS DE LA LABOR DE LA COSECHA	53
6.4.	RELACIÓN DE COSTOS Y RENDIMIENTOS EN LOS SISTEMAS DE COSECHA.....	54

7. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS SOBRE LA PRODUCCIÓN	61
7.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LAS VARIABLES	62
7.2. ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN	68
7.2.1. Análisis de la serie temporal.....	68
7.2.2. Selección del modelo para la predicción	72
CONCLUSIONES	81
RECOMENDACIONES.....	83
BIBLIOGRAFIA	84

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Sistemas de recolección y traslado de racimos cosechados.	43
Tabla 2. Costos asociados a la cosecha mecanizada.	49
Tabla 3. Costos asociados a la cosecha con semoviente.....	51
Tabla 4. Discriminación de los costos del trabajador en la labor de cosecha.	53
Tabla 5. Escenario del Año 2011 de la relación de los dos sistemas de cosecha para los lotes sembrados de 1988 al 2004.	56
Tabla 6. Escenario esperado por la empresa para el año 2012 de la relación de los dos sistemas de cosecha de las siembras de 1988 al 2004.....	57
Tabla 7. Escenario mínimo esperado para el año 2012 de la relación de los dos sistemas de cosecha de las siembras de 1988 al 2004.....	58
Tabla 8. Ejemplo de asignación de trabajadores para la labor de cosecha.	59
Tabla 9. Producción promedio por hectárea según la variedad genética y la edad del lote	65
Tabla 10. Comparativo entre los diferentes métodos de pronóstico	72
Tabla 11. Índices de estacionalidad para cada periodo en el año	74
Tabla 12. Modelo de regresión lineal con ajuste estacional.....	75

Tabla 13. Pronóstico de la producción de los 9 lotes considerados en el modelo para el año 2012	79
Tabla 14. Relación costo-producción para el año 2012	80

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diagrama de Pareto sobre los costos asociados a la cosecha mecanizada.....	50
Figura 2. Diagrama de Pareto sobre los costos asociados a la cosecha con semoviente.....	52
Figura 3. Distribución de la superficie según la variedad genética	62
Figura 4. Cantidad de lotes según la edad para el año 2012.....	63
Figura 5. Correlación de las variables vs la variable producción.	64
Figura 6. Comparativo de la producción según la variedad genética y la maduración de la palma.....	66
Figura 7. Total histórico de las toneladas cosechadas en el periodo 2000-2011 en 116 lotes.	67
Figura 8. Gráfico de la secuencia temporal para la producción de cada lote y el promedio de los nueve lotes.	69
Figura 9. Serie temporal de la variable prom_lotes.....	70
Figura 10. Diagrama de cajas para la producción promedio por año.....	71
Figura 11. Diagrama de cajas para producción promedio por mes.....	71
Figura 12. Comportamiento de la producción prom_lote por hectárea	73
Figura 13. Datos reales vs modelo de ajuste.....	78

RESUMEN

TÍTULO: Propuesta de un sistema para la planeación de la recolección de la cosecha para la optimización de recursos y costos en la empresa PALMERAS DE YARIMA S.A.*

AUTORES: Daniela Martínez Munevar

Juan Felipe Serrano Prada**

PALABRAS CLAVES: Palma de aceite africana, Cosecha mecanizada, Cosecha con semoviente, Sistema de costos, Rendimiento, Producción, Series de tiempo.

DESCRIPCION

En este estudio se identificaron los costos asociados al proceso de cosecha mecanizada y con semoviente, teniendo en cuenta su rendimiento para poder identificar los principales factores que generan un cargo financiero en el uso de cada mecanismo de cosecha, con el fin de distribuir adecuadamente los recursos y establecer el rendimiento óptimo para el adecuado funcionamiento del tractor.

A su vez se realizó un análisis estadístico basado en series de tiempo para la planeación de un segmento de la producción en la empresa PALMERAS DE YARIMA S.A donde se pudo establecer y describir todas las variables que influyen sobre la variable dependiente (Producción), luego se evaluaron diferentes modelos que permitieran determinar el comportamiento de dichas variables y poder desarrollar un pronóstico que sirviera de herramienta para planear adecuadamente la producción.

* Trabajo de grado para optar al título de ingeniero industrial

** Escuela de ingeniería y administración/ Facultad ingeniería industrial/ Director María Teresa Castañeda

ABSTRACT

TITLE: Proposal of a system for planning the harvesting for optimization of resources and costs in the company PALMERAS DE YARIMA S.A.*

AUTHORS: Daniela Martínez Munevar

Juan Felipe Serrano Prada**

KEY WORDS: African oil palm mechanized harvesting, traditional harvest, System Cost, Performance, Production, Time Series.

DESCRIPTION

This study identified the costs associated with the mechanized harvest and traditional harvest, taking into account their performance to identify the main factors that generate a finance charge on the use of each mechanism to harvest in order to properly distribute resources and establish optimal performance for the proper operation of the tractor.

In turn we performed a statistical analysis based on time series for the planning of a segment of the production company PALMERAS DE YARIMA S.A where it was established and describe all the variables that influence the dependent variable (production), then evaluated different models that allow to determine the behavior of these variables and to develop a prognostic tool that would serve to properly plan production.

* Grade work to qualify for the title of industrial engineer

** School of Engineering and Management / Industrial Engineering Faculty / Director Maria Teresa Castañeda

INTRODUCCIÓN

La palma de aceite es en la actualidad el cultivo de mayor crecimiento en Colombia, abastece la mayor parte del mercado nacional de aceites y grasas, y ha mantenido una presencia importante dentro de los rubros de exportación, siendo Colombia el país de mayor producción en Latinoamérica y el cuarto a nivel mundial¹. Las ventajas comparativas de este cultivo tropical en Colombia, sus tendencias de desarrollo en el país y el dinamismo de los mercados nacionales e internacionales de grasas y aceites, así como los biocombustibles, determinan un potencial de crecimiento de este producto muy favorable para el país².

Es por esto que es necesario mejorar continuamente los procesos y mecanismos que se utilizan para el cultivo y cosecha de la palma de aceite, ya que se ha convertido en una necesidad inherente para estar a la vanguardia en un mercado cada día más competitivo y que se encuentra en alto crecimiento. De aquí que sea necesario implementar herramientas y mecanismos que favorezcan el balanceo y optimización de los procesos que se involucran desde el corte del fruto, hasta su movilización a las plantas extractoras.

La empresa PALMERAS DE YARIMA S.A se constituyó el 19 de junio de 1987 y está ubicada en el Corregimiento de Yarima, en el municipio de San Vicente de Chucuri- Santander del Sur. Actualmente la empresa cuenta con 2.014 hectáreas, las cuales periódicamente son cosechadas para la obtención del fruto. Esta periodicidad está definida por los ciclos de maduración de la palma que oscilan entre los 7 y los 15 días y la forma de recolección, que varía entre el método tradicional (semovientes, por medio de un búfalo) y un método alternativo (mecanizada, por medio de un tractor).

¹ FEDEPALMA. [En línea] Disponible en <<http://www.fedepalma.org/palma.html>> Fecha de acceso: Enero 29 del 2012.

² CONPES. [En línea] Disponible en <<http://www.dnp.gov.co/Portals/0/archivos/documentos/Subdireccion/Conpes/3477.pdf>> Fecha de acceso: Enero 29 del 2012.

El presente trabajo muestra un estudio de los costos asociados al proceso de cosecha para cada forma de recolección, teniendo en cuenta la variabilidad en la eficiencia, según la cantidad de operarios que se asignen a cada recurso. Por lo anterior es de vital importancia para la empresa conocer el número de operarios óptimo a asignar con su respectiva actividad dentro de una cuadrilla, para lograr una mayor rentabilidad, teniendo en cuenta la influencia de factores externos, como el lote en el cual se va a trabajar, las condiciones específicas del mismo y los operarios que se van a asignar.

Otra parte importante es el estudio de la información histórica que maneja la empresa, para la planeación de la producción dado que es importante conocer un aproximado de la producción de cada lote, pero por la complejidad del mismo debido a la correlación entre variables, se proyecta la producción del grupo de lotes más significativos que puedan generar unos márgenes de confiabilidad, durante cada uno de los meses en el 2012, para establecer mecanismos de contingencia cuando se presente sobre producción o bajos niveles de producción para mitigar el impacto sobre las finanzas de la empresa.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una Propuesta de un sistema para la planeación de la recolección de la cosecha para la optimización de recursos y costos en la empresa PALMERAS DE YARIMA S.A.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ☐ Investigar los sistemas actuales de planeación de recolección de la cosecha y la metodología que se usa para la asignación de recursos en la empresa PALMERAS DE YARIMA S.A.
- ☐ Evaluar los costos asociados al sistema de cosecha para establecer los mecanismos más apropiados que permitan balancear y optimizar la recolección del fruto de palma de aceite.
- ☐ Evaluar los dos mecanismos de transporte que actualmente se manejan en el proceso de cosecha de palma de aceite y analizar su rendimiento para optimizar la asignación de recursos.
- ☐ Plantear un nuevo sistema para la planeación de la recolección de la cosecha, teniendo en cuenta la variabilidad de los datos y la relación de los factores de maduración del lote, temporada del año, comportamiento histórico y ubicación, que afectan la maduración del fruto en cada lote por medio de la implementación de modelos matemáticos.

2. MARCO CONCEPTUAL

En este apartado se incluye un glosario de los principales conceptos que se estudian en el trabajo, de manera que se facilite la lectura del mismo.

Centros de Acopio:	Puntos específicos dentro de la plantación para el descargue del fruto.
Cíclico:	Es la fluctuación en forma de onda alrededor de la tendencia.
Ciclos de cosecha:	Intervalo entre cosechas en un mismo lote, la frecuencia está asociada con la edad de la palma, con el material genético utilizado y con las condiciones climáticas de la región.
Coeficiente de correlación lineal:	Es un índice que mide el grado de covarianza entre distintas variables relacionadas linealmente. El coeficiente de correlación se expresa mediante la letra r . ³
Cosecha:	Recolección de los productos agrícolas. ⁴
Cuadrilla:	Conjunto de personas que realizan una misma obra.
Diagrama de Pareto:	Es una representación gráfica de los datos obtenidos sobre un problema, que ayuda a identificar cuáles son los aspectos prioritarios que hay que tratar. ⁵

³ Vitutor, apuntes, [En línea] Disponible en: <<http://www.wordreference.com/definicion/>> Fecha de acceso: Julio 31 del 2011.

⁴ WORDREFERENCE, [En línea] Disponible en: <<http://www.wordreference.com/definicion/>> Fecha de acceso: Julio 31 del 2011.

⁵ DOMENECH ROLÁN, José Manuel. Diagrama de Pareto. Pág. 2 [En línea] Disponible en: <http://www.jomaneliga.es/PDF/Administrativo/Calidad/Diagrama_de_Pareto.pdf> Fecha de acceso: Julio 31 del 2011.

Estacionalidad:	Es un patrón de cambio que se repite a sí mismo año tras año. ⁶
Índice estacional:	Medida del efecto estacional en una serie de tiempo. Un índice estacional arriba de 1 indica un efecto positivo (el dato mayor que el marcado por la tendencia), un índice estacional de 1 indica que no hay efecto estacional y un índice estacional menor que 1 indica un efecto negativo (el dato es menor que el indicado por la tendencia). ⁷
Mulero:	Persona dentro de la cuadrilla con semoviente encargada de mover al búfalo así como de recoger los racimos y gajos del plato de la palma.
Oleaginosa:	Que tiene aceite o algo semejante a él. ⁸
Optimización:	Según la investigación de operaciones, intenta encontrar la mejor solución, o la solución óptima, al problema bajo consideración. En lugar de contentarse con sólo mejorar el estado de las cosas, la meta es identificar el mejor curso de acción posible. Aún cuando debe interpretarse con todo cuidado, esta “búsqueda de la optimalidad” es un aspecto muy importante dentro de la Investigación de Operaciones. ⁹
Pepero:	Persona dentro de la cuadrilla encargada de recoger los gajos sueltos de los racimos.

⁶ LEANDRO, Gabriel Pronósticos. [En línea] Disponible en: <<http://www.auladeeconomia.com> > Fecha de acceso: Julio 31 del 2011.

⁷ Ibid.

⁸ EDICIONES EL PAIS [En línea] Disponible en: <<http://www.elpais.com/diccionarios/castellano/oleaginosa>> Fecha de acceso: Julio 31 del 2011.

⁹ INVESTIGACION DE OPERACIONES, Universidad de santa maría, Caracas - Venezuela. Julio 2004. [En línea] Disponible en: < http://www.ingenieria.unam.mx/~jkuri/Apunt_Planeacion_internet/TEMAII.1.pdf > Fecha de acceso: Abril 1 del 2012.

Planeación:	La planeación es una disciplina prescriptiva (no descriptiva) que trata de identificar acciones a través de una secuencia sistemática de toma de decisiones, para generar los efectos que se espera de ellas, o sea, para proyectar un futuro deseado y los medios efectivos para lograrlo. ¹⁰
Plato de la palma:	Se denomina plato de la palma a la zona alrededor del tallo donde está sembrada la palma.
Pronóstico:	Proyección o predicción de valores futuros de una serie de tiempo. ¹¹
Racimero:	Persona dentro de la cuadrilla encargada de recoger los racimos del plato de la palma, cortar el tallo y ponerla en el volco.
Semovientes:	Que se mueve por sí mismo; se aplica especialmente al ganado.
Sistema:	Un sistema es un conjunto de partes o elementos organizados y relacionados que interactúan entre sí para lograr un objetivo. Los sistemas reciben (entrada) datos y proveen (salida) información.
Tendencia:	Es el componente de largo plazo que representa el crecimiento o disminución en la serie sobre un periodo amplio. ¹²

¹⁰ PLANEACION, [En línea] Disponible en: < http://www.ingenieria.unam.mx/~jkuri/Apunt_Planeacion_internet/TEMAII.1.pdf > Fecha de acceso: Abril 2 del 2012.

¹¹ GALEON, Términos claves. [En línea] Disponible en: <<http://metodoscuantitativo2.galeon.com/enlaces2217022.html> > Fecha de acceso: Abril 2 del 2012.

¹² LEANDRO, Gabriel Pronósticos. [En línea] Disponible en: <<http://www.auladeeconomia.com> > Fecha de acceso: Abril 2 del 2012.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. SISTEMA DE COSTEO

Toda organización tiene como objetivos la supervivencia, el crecimiento, y la obtención de utilidades, para lo cual los directivos deben realizar una distribución adecuada de recursos (financieros y humanos) basados en buena medida en información de costos; de hecho son frecuentes los análisis de costos realizados para la adopción de decisiones para la planeación y el control.¹³

Actualmente la complejidad de los mercados expresada en la voraz competencia y la exigencia de los clientes, producto de la globalización, exige que las organizaciones incrementen su efectividad y eficiencia en el uso de sus recursos; El objetivo de un sistema de contabilidad de costos o sistema de costeo es acumular los costos de los productos o servicios. La información del costo de un producto o servicio es usada por los gerentes para establecer los precios del producto, controlar las operaciones, y desarrollar estados financieros. También, el sistema de costeo mejora el control proporcionando información sobre los costos incurridos por cada departamento de manufactura o proceso.

Por lo tanto los sistemas de costeo son subsistemas de la contabilidad general los cuales manipulan los detalles referentes al costo total de fabricación. La manipulación incluye, clasificación, acumulación, asignación, y control de datos, para lo cual se requiere un conjunto de normas contables, técnicas y procedimientos de acumulación de datos tendentes a determinar el costo unitario del producto. Dadas las características y ventajas de los sistemas de costeo, es posible su implantación en toda organización que ejecuta actividad económica

¹³ MORILLO MORENO, Marysela Coromoto. Diseño de sistemas de costeo. [En línea] Disponible en:< http://www.elprisma.com/apuntes/administracion_de_empresas/sistemasdecosteo/> Fecha de acceso: Julio 15 del 2011.

generadora de bienes y servicios, como empresas de extracción (agropecuarias, mineras, etc.), transformación y comerciales.¹⁴

Existen sistemas de costeo los cuales han sido utilizados tradicionalmente como los sistemas por órdenes específicas y por procesos, sistemas históricos y predeterminados, sistemas variable y absorbente; éstos pueden ser combinados, rediseñados, complementados y/o adaptados a las necesidades y características específicas de cada organización.

Dependiendo de la manera como se acumulan los costos para costear la producción, los sistemas de costeo se clasifican en:

Costeo por órdenes¹⁵

Un sistema de costeo por órdenes proporciona un registro separado para el costo de cada cantidad de producto que pasa por la fábrica. A cada cantidad de producto en particular se le llama orden. Un sistema de costeo por órdenes encaja mejor en las industrias que elaboran productos la mayoría de las veces con especificaciones diferentes o que tienen una gran variedad de productos en existencia. Muchas empresas de servicios usan el sistema de costeo por órdenes para acumular los costos asociados al proporcionar sus servicios a los clientes. Algunas características de los sistemas de costeo por órdenes se mencionan a continuación:

- ☐ Se acumulan por lotes
- ☐ Producción bajo pedidos específicos
- ☐ No se produce normalmente el mismo artículo

¹⁴ *Ibíd.*

¹⁵ SISTEMAS DE COSTEO. [En línea] Disponible en < <http://www.loscostos.info/sistemas.html>> Fecha de acceso: Abril 4 del 2012

Ejemplos: Despacho contable, constructora, editora, envases con diseño específico.

Costeo por procesos¹⁶

En un sistema de costeo por procesos, los costos son acumulados para cada departamento o proceso en la fábrica. Un sistema de procesos encaja más en las compañías de manufactura de productos los cuales no son distinguibles unos con otros durante un proceso de producción continuo. Algunas características de los sistemas de costeo por procesos se mencionan a continuación:

- ☐ Se acumulan por departamento
- ☐ Producción continua y homogénea

Ejemplos: Refinería de petróleo, refrescos, medicinas, lámina, cubetas, juguetes, pantalones

¹⁶ Ibid.

3.2. SERIES DE TIEMPO

En toda organización los pronósticos son el primer paso dentro del proceso de planificación de la producción y estos sirven como punto de partida, no solo para la elaboración de los planes estratégicos, sino además, para el diseño de los planes a mediano y corto plazo, lo cual permite a las organizaciones, visualizar de manera aproximada los acontecimientos futuros y eliminar en parte la incertidumbre y reaccionar con rapidez a las condiciones cambiantes con algún grado de precisión.¹⁷

Para este apartado se consultó la página web de la Universidad Nacional www.virtual.unal.edu.co y apuntes de clase. Se llama serie de tiempo o serie cronológica a la sucesión de observaciones de un fenómeno que es variable con respecto al tiempo en intervalos regulares, es decir, en períodos igualmente espaciados. Es de suma importancia para el análisis de una serie y el consecuente desarrollo de un modelo de pronóstico, la recolección de datos confiables y válidos que se reflejarán en las proyecciones que haga el modelo.

El análisis de la serie cronológica busca principalmente hacer pronósticos o inferencia, lo cual no es nada fácil, y a veces complicado, debido a que las observaciones frecuentemente están correlacionadas con el período anterior y en menor medida con los períodos más antiguos. Por consiguiente, los datos de una serie de tiempo violan con frecuencia los supuestos básicos de independencia que se requieren para hacer un análisis de regresión, es decir, que en una serie de tiempo generalmente se presenta la autocorrelación.

¹⁷ SARACHE CASTRO, William Ariel. Proceso de planificación, programación y control de la producción [En línea] Disponible en:< http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/planificacionproduccion/ > Fecha de acceso: Julio 31 del 2011.

Las series de tiempo con modelos de regresión se pueden representar por una ecuación matemática que describe los valores de la variable observada como una función del tiempo, es decir:

$$Y = f(t)$$

Al representar gráficamente la serie temporal se aprecian con dificultad algunos movimientos de la serie, los cuales son causados por una variedad de factores que pueden ser económicos, naturales, institucionales o culturales. Algunos factores tienden a afectar los movimientos de la serie a largo plazo y otros la afectan a corto plazo, de tal manera que todos o algunos de los factores pueden aparecer en una misma serie de tiempo.

Existen diferentes métodos para analizar una serie de tiempo, siendo uno de ellos el *Método de descomposición*, el cual considera que la serie está compuesta de cuatro patrones básicos:

La tendencia (T), las variaciones estacionales (S), las variaciones cíclicas (C) y las variaciones irregulares o aleatorias (I). Por consiguiente se puede decir:

$$Y = f(T, S, C, I)$$

Uno de los objetivos del análisis de las series de tiempo es poder identificar las componentes presentes para detectar sus causas y predecir valores. Entre los modelos de descomposición se tienen los modelos aditivos y el multiplicativo.

En el *aditivo*, se considera que la variable observada (Y) se puede descomponer en la suma de los factores, es decir:

$$Y = T + S + C + I$$

En el *multiplicativo*, el comportamiento de la variable observada se expresa como el producto de los componentes, es decir:

$$Y = T * S * C * I$$

Dentro de estos modelos de descomposición y de alisado se encuentran diferentes métodos como: suavizamiento de promedios móviles, suavizamiento exponencial simple de Brown, suavizamiento exponencial doble de Holt y el suavizamiento exponencial doble de Winter. El criterio fundamental es utilizar el método que mejor se ajuste a los datos y los recursos técnicos que se tengan. El primer paso es hacer un análisis gráfico de la variable a través del tiempo, esto con el fin de detectar la tendencia, si la serie tiene estacionalidad y la longitud de la misma. Si la variable a analizar no presenta estacionalidad, debe utilizarse otro método diferente al de descomposición para estudiar la serie.

3.2.1 Suavizamiento de promedios móviles

El método de los promedios móviles emplea la media de varios períodos anteriores como pronóstico para el siguiente período. El promedio móvil implica que cuando se dispone de una nueva observación, se debe calcular una nueva media eliminando el dato más antiguo y agregando el más reciente. Este nuevo promedio es el pronóstico para el siguiente período. El número de períodos a incluir en el promedio se define a criterio personal con base en la irregularidad de los datos

La ecuación para obtener las proyecciones es:

$$S_{t+1} = \frac{Y_t + Y_{t-1} + Y_{t-2} + \dots + Y_{t-m+1}}{m}$$

Donde:

S_{t+1} : Es el pronóstico para el período $t + 1$

Y_t : Es el valor observado en el período t

m : Es el número de períodos en el promedio móvil

El método de los promedios móviles es útil cuando se tienen series que no tienen ni tendencia, ni estacionalidad; es decir, series que tienen un comportamiento aleatorio.

3.2.2 Suavizamiento exponencial simple de Brown

Este método utiliza un promedio ponderado de los valores pasados de una serie de tiempo para obtener un pronóstico o proyección a corto plazo. La característica principal de este método es dar exponencialmente mayor peso a las observaciones más recientes en el pronóstico que a las más antiguas.

Para utilizar éste método se debe elegir una constante de suavizamiento α que debe estar entre cero y uno. Las ponderaciones que se usan son:

α : para la observación más reciente, en el tiempo t

$\alpha(1-\alpha)$: para la observación en el tiempo $t-1$

$\alpha(1-\alpha)^2$: para la observación en el tiempo $t-2$, y así sucesivamente

$$S_{t+1} = \alpha Y_t + \alpha (1-\alpha) Y_{t-1} + \alpha (1-\alpha)^2 Y_{t-2} + \dots \quad (1)$$

De lo anterior se deduce que un valor de α cercano a uno, el pronóstico se comporte similar al período anterior, y que por el contrario, con un valor de α cercano a cero, el pronóstico será más parecido a la observación más antigua. Aunque inicialmente la elección de la constante de suavizamiento es a criterio del analista, se debe estimar de tal forma que genere los mejores pronósticos. Sí se requieren pronósticos estables y que se suavicen las variaciones aleatorias se

necesita un α pequeña y si se desea una respuesta rápida a los cambios de la variable se debe elegir una constante de suavizamiento grande.

Cuando se inicia el proceso de suavizamiento se asume que $S_1 = Y_1$.

Se puede demostrar que a partir de la ecuación 1 con las sustituciones adecuadas se obtiene la siguiente ecuación básica para hacer proyecciones:

La ecuación básica para hacer las proyecciones es:

$$S_{t+1} = \alpha Y_t + (1-\alpha) S_t \quad (2)$$

Donde:

S_{t-1} : es el pronóstico para el período $t + 1$

α : es la constante de suavizamiento

Y_t : valor observado en el período t

S_t : es el pronóstico para el período t

La ecuación 2 revela que el valor proyectado para el periodo t es una combinación lineal del último valor conocido y de la última proyección realizada.

La elección del valor de la α requiere ensayar con varios valores y encontrar el que minimice los errores. Cuando una serie de tiempo tiene un comportamiento constante en el tiempo o no tiene tendencia, la suavización exponencial puede dar buenos resultados.

3.2.3 Suavizamiento exponencial doble de Holt

Cuando una serie de tiempo presenta alguna tendencia, este método permite estimar por separado el valor suavizado de la serie y el cambio en la tendencia a través del tiempo.

Para utilizar el método de Holt se requieren dos constantes de suavizamiento que deben estar entre cero y uno:

α : para el nivel de la serie (promedio)

β : para la tendencia de la serie

Para lograr el mejor ajuste se obtienen estimaciones con diferentes valores de alfa y beta, la mejor combinación es la que ofrezca una menor media absoluta de los errores (MAE) o una menor media absoluta del porcentaje de error (MAPE)

Los valores de las estimaciones iniciales son:

$$S_1 = Y_1$$

$$b_1 = Y_2 - Y_1$$

Los pronósticos se obtienen con las siguientes ecuaciones:

$$Y_{t+m} = S_t + b_t m$$

$$\text{Siendo : } S_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(S_{t-1} + b_{t-1})$$

$$b_t = \beta (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) b_{t-1}$$

Donde:

Y_{t+m} : es el pronóstico para el período $t + m$

Y_t : es el valor observado en el período t

S_t : es el valor suavizado en el período t

b_t : es la tendencia estimada en el período t

3.2.4 Suavizamiento exponencial de Winter

Este método es una variante del suavizamiento de Holt, es indicado cuando la serie tiene componente estacional. Para desarrollar este método se requieren tres constantes de suavizamiento que estén entre cero y uno:

α : para el nivel de la serie (promedio)

β : para la tendencia de la serie

γ : para el componente de estacionalidad

“Como regla general α y β son pequeñas, cercanas a 0,1, en tanto que la constante de suavizamiento para el factor estacional γ usualmente se fija cerca de 0,4” (Mendenhall,1982, p.498).

Estima separadamente para cada punto en el tiempo, el promedio suavizado, la tendencia ajustada y el factor estacional, combinando después estos tres componentes para obtener los pronósticos.

Los pronósticos se obtienen con las siguientes ecuaciones:

$$Y_{t+m} = (S_t + m b_t) I_{t-L+m}$$

$$\text{Siendo : } S_t = \alpha \frac{Y_t}{I_{t-L}} + (1-\alpha)(S_{t-1} + b_{t-1})$$

$$b_t = \beta (S_t - S_{t-1})(1-\beta) b_{t-1}$$

$$I_t = \gamma \frac{Y}{S_t} + (1-\gamma) I_{t-L}$$

Donde:

Y_{t+m} : es el pronóstico para el período $t + m$

Y_t : es el valor observado en el período t

S_t : es el valor suavizado en el período t

b_t : es la tendencia estimada en el período t

I_t : es el factor estacional estimado para el período t

L : Longitud de la estacionalidad

3.2.5 Modelo Autorregresivo Integrado de Medias Móviles ARIMA

Se define un modelo como autorregresivo si la variable endógena de un período t es explicada por las observaciones de ella misma correspondientes a períodos anteriores añadiéndose, como en los modelos estructurales, un término de error.

Formalmente la notación sería: $Y_t = f(Y_{t-1}, a_t)$ por lo tanto la variable depende de su valor anterior y de una componente residual.

ARIMA significa Modelo Autorregresivo Integrado de Media Móvil (Auto Regresive Integrated Moving Average) cada una de las tres partes del acrónimo se le denomina componente y modela un comportamiento distinto de la serie.

La *componente autorregresiva* del modelo (AR), la conforma la dependencia de la serie temporal con los valores pasados de la misma serie. El *orden autorregresivo* del modelo (p), es el número de retrasos de la serie temporal Y_t que se introducen en el modelo. La *componente de media móvil* (MA) es la dependencia de la serie temporal Y_t con valores pasados de los errores y el *orden de media móvil* (q), es el número de errores pasados que se introducen en el modelo.

Un modelo ARIMA (p,d,q) se construye a partir de los modelos ARMA, pero considerando que la serie para que sea estacionaria en media tendrá que diferenciarse (d) veces. Habitualmente el orden de diferenciación d , entero, oscila entre 0 y 2.

Un modelo ARIMA, entonces se puede definir como un modelo de regresión lineal múltiple, donde la variable dependiente es la propia serie (diferenciada o no) y las variables independientes son valores de la serie y de los errores de ajuste retrasados hasta unos órdenes p y q , respectivamente. Por consiguiente, una vez se haya identificado el modelo, o sea, se hayan identificado los órdenes p , q y d (si es necesario) la determinación de los $p+q$ parámetros usados en el modelo se realiza igual que en la regresión múltiple, es decir, mediante minimización del error cuadrático.

Los modelos autorregresivo se abrevian con la palabra AR tras la que se indica el orden del modelo: AR (1), AR (2),....etc. El orden del modelo expresa el número de observaciones retrasadas de la serie temporal analizada que intervienen en el modelo. El término de error de los modelos de este tipo se denomina generalmente ruido blanco cuando cumple las tres hipótesis de media nula, varianza constante y covarianza nula.¹⁸

El lector interesado puede consultar a Peña, Daniel (2005), “Análisis de series temporales”.

El análisis de una serie de tiempo se puede resumir en estos pasos:

- a. Graficar las observaciones con respecto al tiempo para observar si hay tendencias y/o estacionalidades.
- b. Elegir el método para hacer las proyecciones, el cual depende de los componentes de la serie que se hayan observado en la gráfica.
- c. Comparar y evaluar los modelos a través de los estadísticos del error.

¹⁸ MAHIA, Ramos. Profesor Universidad Autónoma de Madrid UAM. Modelos ARIMA Pág. 6.

3.2.6 Regresión lineal con ajuste estacional

Este modelo de análisis causal utiliza el modelo de regresión lineal simple pero considera factores de estacionalidad o índices de temporada para poder romper con la tendencia de los datos.

A continuación se presenta el procedimiento del modelo:

- a. Hallar la recta de mejor ajuste a los datos históricos, de manera que ésta represente el nivel de tendencia que existe.
- b. Calcular los factores estacionales.

$$\text{Factor estacional} = \frac{\text{promedio de ventas para el periodo}}{\text{Promedio general}}$$

- c. Recalcular los datos para visualizar mejor el comportamiento y ajustar una tendencia lineal.

$$\hat{X}_t = \frac{X_t}{i_t}$$

Donde:

$\hat{X}_t$: Valor ajustado en el periodo t

X_t : Valor real en el periodo t

i_t : Factor estacional en el periodo t

- d. Posterior a esto se haya la expresión de la línea de tendencia.
- e. Por último al tener los Factores estacionales, constantes que multiplicadas por la recta de tendencia le de la forma a la recta como es lo deseado.

<i>Si la serie es</i>	<i>Suavizamiento a emplear</i>
Sin Tendencia	Promedios móviles Suavizamiento simple
Con tendencia lineal	Suavizamiento exponencial doble o de Brown Suavizamiento de Holt
Con curvatura	→ Suavizamiento cuadrático
Con tendencia lineal y estacionalidad	Suavizamiento de Winter: Modelos Arima Regresión lineal con ajuste estacional.

3.2.7 Comparación de modelos

En la práctica existen dos procesos para ajustar y medir la calidad de los modelos:

- ☐ Componente de ajuste o estimación
- ☐ Componente de pronóstico

Y no están necesariamente relacionados (el mejor ajuste no es siempre el mejor pronóstico). Lo que se acostumbra hacer, es dividir los datos en dos grupos, con el primer grupo se realiza el ajuste y con el segundo se analizan los pronósticos. Es decir, el modelo ajustado con el primer conjunto de datos permite realizar pronósticos para los elementos posteriores del segundo grupo con base en los cuales se puede medir la calidad de pronóstico. Se selecciona el mejor modelo y se reajusta incluyendo ahora sí todos los términos de la serie y se realizan pronósticos para los valores que no se conocen.

Para escoger el modelo más apropiado para los datos se utilizan los estadísticos del error como son:

- (1) *The root mean squared error (RMSE)*
- (2) *The mean absolute error (MAE)*
- (3) *The mean absolute percentage error (MAPE)*
- (4) *The mean error (ME)*
- (5) *The mean percentage error (MPE)*

1. CME es el cuadrado medio del error

$$CME = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (X_t - \hat{X}_t)^2$$

2. RMSE es la raíz cuadrada del CME. Es la raíz cuadrada del promedio de los errores al cuadrado

$$RCME = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (X_t - \hat{X}_t)^2}$$

3. MAE es el error absoluto medio

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |X_t - \hat{X}_t|$$

4. MAPE es el error porcentual

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{X_t - \hat{X}_t}{X_t} \right|$$

5. **ME** es el error medio

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (X_t - \hat{X}_t)$$

6. **MPE** es el error medio porcentual

$$MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left(\frac{X_t - \hat{X}_t}{X_t} \right)$$

RMSE, MAE, MAPE miden variabilidad.

ME y MPE miden sesgo, localización, es decir qué tan cerca está el pronóstico de la observación.

MAPE Y MPE como son porcentuales son medidas relativas que se deben utilizar cuando se comparan modelos con datos originales y modelos con datos transformados.

4. CONCEPTUALIZACION DE LA COSECHA DE PALMA AFRICANA

La introducción de la palma africana a la América tropical se atribuye a los colonizadores y comerciantes de esclavos portugueses, que la usaban como parte de la dieta alimentaria de sus esclavos en el Brasil.

En 1932, Florentino Claes¹⁹ fue quien introdujo la palma africana de aceite en Colombia y fueron sembradas con fines ornamentales en la Estación Agrícola de Palmira. Pero el cultivo comercial sólo comenzó en 1945 cuando la United Fruit Company estableció una plantación en la zona bananera del departamento del Magdalena.

La expansión del cultivo en Colombia ha mantenido un crecimiento sostenido. A mediados de la década de 1960 existían 18.000 hectáreas en producción y hoy existen más de 360.000 hectáreas (a 2010) en 73 municipios del país distribuidos en cuatro zonas productivas.

Norte - Magdalena, Norte del Cesar, Atlántico, Guajira

Central - Santander, Norte de Santander, Cesar, Bolívar

Oriental - Meta, Cundinamarca, Casanare, Caquetá

Occidental – Nariño



Los departamentos que poseen más área sembrada en palma de aceite son en su orden: Meta (1), Cesar (2), Santander (3), Magdalena (4), Nariño (5), Casanare (6), Bolívar (7), Cundinamarca (8) y Norte de Santander (9).

Colombia es el primer productor de palma de aceite en América Latina y el cuarto en el mundo. Tiene como fortaleza un gremio que cuenta con sólidas instituciones,

¹⁹ Director del Museo y el Jardín Botánico de Bruselas, Bélgica, quien a lo largo de diez años, desde 1923, visitó al país para aprender sobre el yagé, y otras plantas amazónicas.

ya que desde 1962 fue creada la Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite.²⁰

La industria palmicultora genera 45.621 empleos en nuestro país, crece al mismo ritmo que las áreas sembradas. En cuanto a comercio, el 29 por ciento del total de la producción corresponde a ventas en el exterior y el 71 por ciento a ventas internas.

4.1. ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES.

Antes de establecer la plantación es necesario planear las actividades con oportunidad, verificar que el terreno reúna las condiciones para el cultivo y esté a menos de 20 kilómetros de la extractora, ya que las ganancias disminuyen conforme aumentan las distancias de transporte de la cosecha. Con esto se busca que al inicio de las lluvias, época recomendada para plantar, el suelo esté preparado y la infraestructura construida y en operación.²¹



La infraestructura obligatoria para un módulo de plantaciones, es caminos y planta extractora. Adicionalmente, puede ser necesario contar con un sistema de riego y/o drenaje, y de acuerdo al grado de tecnificación un cable vía, el cual se instala hasta iniciar la cosecha. Todo debe ser diseñado por personal especializado, de tal forma que los caminos y puentes comuniquen a toda la plantación para

²⁰ FEDEPALMA. [En línea]. Disponible en: <<http://www.fedepalma.org/palma.htm>> Fecha de Acceso: Julio 15 del 2011.

²¹ INIFAP (instituto nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias). Paquete tecnológico palma africana. Región sur, México. 5 pág. 2011.

introducir fertilizantes y plaguicidas, y extraer la cosecha durante todo el año, con menos de cien metros de acarreo.

4.2. COSECHA DE PALMA AFRICANA

Es una de las actividades más importantes en las plantaciones de la palma africana aceitera y el éxito de la misma dependerá de una planificación racional. Esta labor representa cada año aproximadamente el 32% de los costos de producción en promedio en esta industria, e involucra el 50% del personal que trabaja en la plantación, incluyendo la mano de obra que labora en la planta extractora.²²

La producción de racimos, con las variedades disponibles en el mercado, se inicia entre los 30 y los 36 meses de plantada en el campo.

La cosecha en la palma se realiza durante todo el año y para su ejecución es conveniente conocer los siguientes aspectos: frecuencia de cosecha, maduración óptima y controles de cosecha.

La frecuencia de cosecha o ciclos de cosecha, se refieren al intervalo entre cosechas en un mismo lote y está asociada con la edad de la palma, con el material genético utilizado y con las condiciones climáticas de la región. En general, los ciclos oscilan entre siete a 12 días en palmas jóvenes y entre nueve y 15 días en plantas adultas; en épocas lluviosas, los ciclos son más frecuentes que en épocas secas. La maduración óptima de racimos se refiere al momento en que

²² INIFAP (instituto nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias). Paquete tecnológico palma africana. Región sur, México. Pág 9. 2011.

logra mayor contenido de aceite en el racimo y menor porcentaje de ácidos grasos libres.²³

Los criterios utilizados para tratar de cosechar racimos con maduración óptima son: cambio de coloración de los frutos de violeta a anaranjado y otro criterio muy utilizado en las plantaciones, es cuando se desprenden aproximadamente dos frutos por cada kilogramo de racimo.

Proceso de cultivo y cosecha palma de aceite.



*Consideraciones y estudios con respecto a la cosecha*²⁴

- Diversos investigadores afirman que los máximos contenidos de aceite se obtienen a partir de ciclos de cosechas de cinco días con dos o cuatro frutos sueltos.

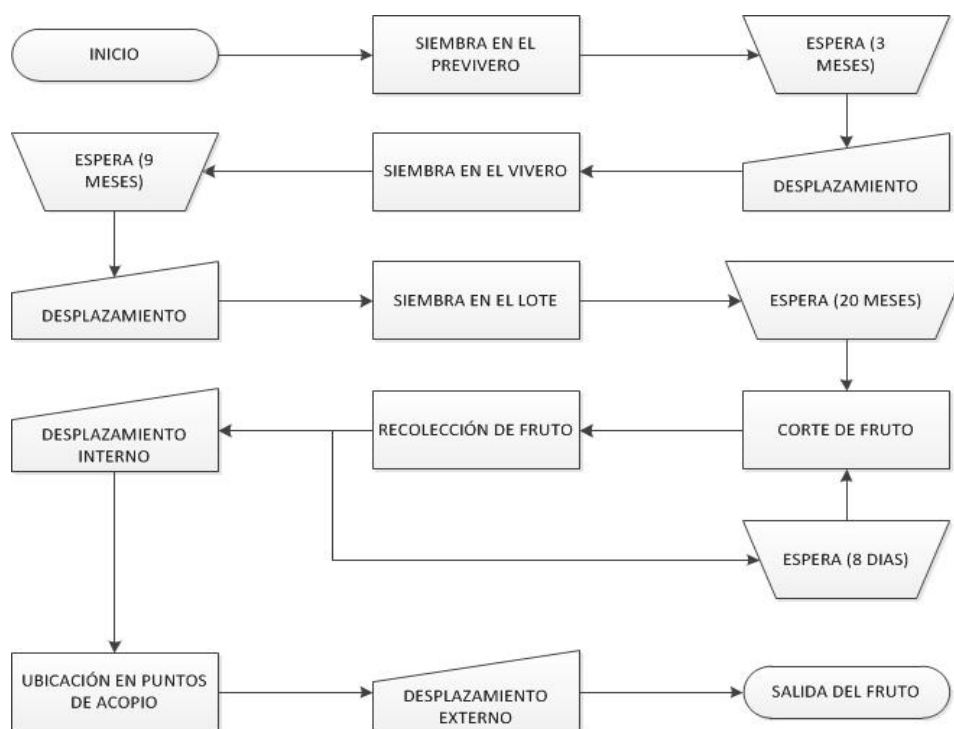
²³ Ibid., pág. 10.

²⁴ IICA (Instituto interamericano de cooperación para la agricultura). Cultivo de la palma africana, Guía técnica [En línea]. Disponible en: < <http://www.galeon.com/subproductospalma/guiapalma.pdf> > p 23.

- En ensayo sobre maduración, donde utilizaron varios tratamientos como: criterios de madurez (desde cero frutos caídos basados en los cambios de color, hasta más de 120 frutos desprendidos después de la cosecha) y no encontraron diferencias importantes en la cantidad aceite/racimo en base seca.
- La calidad de los racimos, maduración, el tiempo entre la cosecha y el procesamiento y el proceso de extracción afecta directamente la calidad del aceite crudo. Esto establece la necesidad de adoptar métodos estrictos de cosecha.

En general, durante la época seca, el número de frutos que se desprenden diariamente es menor que en la época lluviosa. Por lo anterior se recomienda ciclos de corte de racimos de 7 días durante la época lluviosa y un máximo de 8 días durante la época seca.

A continuación se presenta el diagrama de procesos de la palma africana con sus respectivos tiempos.



4.3. CONTROLES DE COSECHA

Para lograr un máximo rendimiento y óptima calidad del aceite extraído en la planta, es conveniente que en las plantaciones se lleven registros rigurosos de los siguientes parámetros: racimos maduros sin cortar, racimos maduros cortados y dejadas en los círculos o en los centros fruteros, racimos inmaduros cortados, frutos sueltos sin recoger de los círculos y de los centros fruteros, esto con la finalidad de establecer los niveles de tolerancia de los mismos y con base a los resultados obtenidos, hacer los ajustes correspondientes.²⁵

En superficies mayores a 20 hectáreas (ha), debe programarse la organización de la cosecha. Para determinar la cantidad de personal por día para un determinado ciclo de cosecha, se procede de la siguiente forma:

- ☐ Avance diario = (Área total a cosechar (ha)) X (Frecuencia o ciclo de cosecha (días*)) Sin incluir domingo.
- ☐ Capacidad de Cosechadores = (Hectáreas) X (Cosechador) X (Día).
- ☐ Cantidad de personal = (Avance diario) X (Capacidad de cosechadores).

4.4. SISTEMAS DE RECOLECCIÓN

El sistema de recolección dependerá de las condiciones topográficas de la finca, la superficie de la plantación, la infraestructura de caminos y la disponibilidad de recursos económicos

- ☐ *Sistema de cosecha mecanizada:*

Tiene como ventaja la rapidez y un menor costo por tonelada recolectada, pero al ser destructiva, sólo puede ser utilizada en cultivos de maduración concentrada.

²⁵ INIFAP, OP. Cit., Pág. 11

La inversión necesaria para la adquisición, el costo de mantenimiento y la ociosidad del equipo durante gran parte del año hace que la decisión de compra deba ser cuidadosamente analizada. Como desventajas adicionales se pueden mencionar que toda la operación debe estar diseñada para la cosecha mecánica, empezando por el cultivo, distancia entre hileras y nivelación del terreno.



□ *Sistema de cosecha con semoviente (tradicional):*

No requiere inversiones iniciales, la recolección manual se adapta perfectamente a aquellos cultivos con un largo período de cosecha con la ventaja de que la demanda de mano de obra producida por picos de maduración vinculados al clima, puede ser satisfecha mediante la contratación adicional de personal. La principal ventaja del sistema manual se basa en la capacidad del ser humano de seleccionar el producto en su adecuado estado de madurez y de manipularlo con mucha mayor suavidad garantizando de esta manera una mayor calidad y menor daño. Esto es particularmente importante en los cultivos delicados.



Tabla 1. *Sistemas de recolección y traslado de racimos cosechados.*

Acarreo	Descripción	Ventaja	Desventaja
Hombres	Con canasta o carretillas	Pequeñas, Pendientes Fuertes. Baja inversión. No compacta. Racimos Pequeños.	Más mano de obra Lento. Distancias cortas.
Animales	Búfalos. Máxima carga 25% de su peso.	Distancia hasta 200-250 m. Menor mano de obra. Plantaciones grandes.	Mantenimiento del animal. Buenos caminos, puentes, etc.

Fuente: INIFAP (instituto nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias).

4.5. TRANSPORTE DE LOS RACIMOS Y FRUTOS SUELTOS

El transporte de los racimos y frutos sueltos debe hacerse de tal forma que se mantenga un flujo constante de materia prima que alimente a la planta extractora, evitando en lo posible la acumulación de grandes volúmenes de racimos en la plantación que pueda traer como consecuencia disminución de la calidad del aceite por aumento de la concentración de los ácidos grasos libre en el producto final.²⁶

En algunas plantaciones de palma africana se utilizan búfalos para la recolección del fruto trayendo algunas ventajas como:

- ☐ Permite el acceso a zonas donde no es posible el ingreso de maquinaria.
- ☐ Evita la emisión de gases por la combustión de motores.
- ☐ Incorpora materia orgánica con el estiércol y la orina de los animales.

²⁶ PALMA ACEITERA [En línea] Disponible en: <<http://produccionagricolavegetalseccb.blogspot.com/>> Fecha de acceso: Julio 15 del 2011

- ☐ Evita la destrucción de la vegetación existente de cobertura de protección del suelo.

Un equipo de cosecha está compuesto de 2 personas, el cortador que se encarga de cortar los racimos, el mulero que se encarga de recoger los racimos, la fruta suelta del interior de la parcela y colocarlo en lugares de acopio o puestos de cosecha.

5. METODOLOGÍA

5.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo de este estudio se realiza un diseño documental y de campo de carácter descriptivo, cualitativo y cuantitativo. El diseño de campo se lleva a cabo mediante la recolección de la información directamente de las personas encargadas del área de producción en la plantación de PALMERAS DE YARIMA S.A. Este análisis preliminar permite conocer y realizar ajustes con el fin de aprovechar al máximo la información útil para el estudio.

Igualmente, se analizan algunos estudios que se encuentran en la literatura sobre este tema y que permitirán ampliar y definir criterios que permitan ofrecer resultados satisfactorios a la empresa.

5.2. ÁREA DE ESTUDIO

Corregimiento de Yarima, ubicado en el municipio de San Vicente de Chucuri-Santander del Sur.

5.3. FUENTES DE INFORMACIÓN

La información se recogió a través de las siguientes técnicas:

- ☐ Se recopila información de algunos funcionarios de la empresa PALMERAS DE YARIMA S.A que se tomaron en el corregimiento de Yarima, obteniendo información acerca de los procesos productivos, costos de transporte propio, rutas internas. Esto permitió mostrar en profundidad aspectos, problemas y temas surgidos vinculados directamente en el tema.

- Se obtuvo información en bases de datos históricas manejadas por la empresa en el software de información palmero SIP en la ciudad de Bogotá.

La obtención de la información tiene como soporte:

- Publicaciones: es todo lo relacionado con la información por Internet, libros, artículos, textos, periódicos, revistas y otros.

5.4. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

La realización de estudios estadísticos implica emitir resultados cuantificables de dichos análisis. La claridad de dicha presentación es de vital importancia para la comprensión de los resultados y la interpretación de los mismos, por eso es indispensable realizar un análisis previo de los datos del estudio que permita sustraer la mayor información que contienen los datos.

La aparición y difusión del uso de programas estadísticos ha llevado a una mejora en estos métodos. La mayoría de los programas estadísticos tienen módulos con técnicas gráficas y medidas estadísticas más detalladas para la descripción de los datos

En general se pueden identificar cuatro fases distintas en el examen de los datos:

- Un examen gráfico de la naturaleza individual de las variables a analizar y las relaciones que se establecen entre ellas. El punto de partida para entender la naturaleza de cualquier variable es caracterizar la forma de su distribución, para este fin, un histograma de frecuencias o un diagrama de cajas proporcionan un perfil general de la distribución. Si el interés es examinar las relaciones entre dos o más variables, el patrón de la nube de puntos en el gráfico de dispersión (gráfico de puntos de datos basado en dos variables) representa la relación entre las variables.

- ☐ Evaluación de los datos ausentes en el análisis y evaluación del impacto que puedan tener.
- ☐ Identificación de casos atípicos que son aquellos que por su singularidad pueden distorsionar las relaciones sobre una o más variables estudiadas. El método que se utiliza para esta tarea es el gráfico de cajas que también sirve para entender el carácter y la diferencia entre dos o más grupos de una variable para dos o más variables métricas.
- ☐ Evaluación de la capacidad de los datos para cumplir los supuestos estadísticos de la técnica multivariada utilizada.
- ☐ Aplicación de gráficos y test que permitan corroborar los supuestos subyacentes.

Para la realización de este estudio se utilizan los programas estadísticos Statistical Package for the Social Sciences (SPSS 17.0) y Microsoft Office® Excel 2010.

6. ESTUDIO Y ANALISIS DE COSTOS

Para el estudio de costos en la empresa PALMERAS DE YARIMA S.A es fundamental conocer detalladamente los costos asociados al proceso de cosecha, con el fin de establecer comparativos entre las dos formas de transporte establecidas por la empresa, permitiendo así realizar una adecuada distribución de los recursos.

6.1. COSTOS DE LA COSECHA MECANIZADA

En la Tabla 2 se discriminan los costos asociados al sistema de cosecha mecanizada, realizando su respectivo cargo mensual y teniendo en cuenta cada uno de los elementos que generan un cargo financiero en el uso del tractor.

Tabla 2. Costos asociados a la cosecha mecanizada.

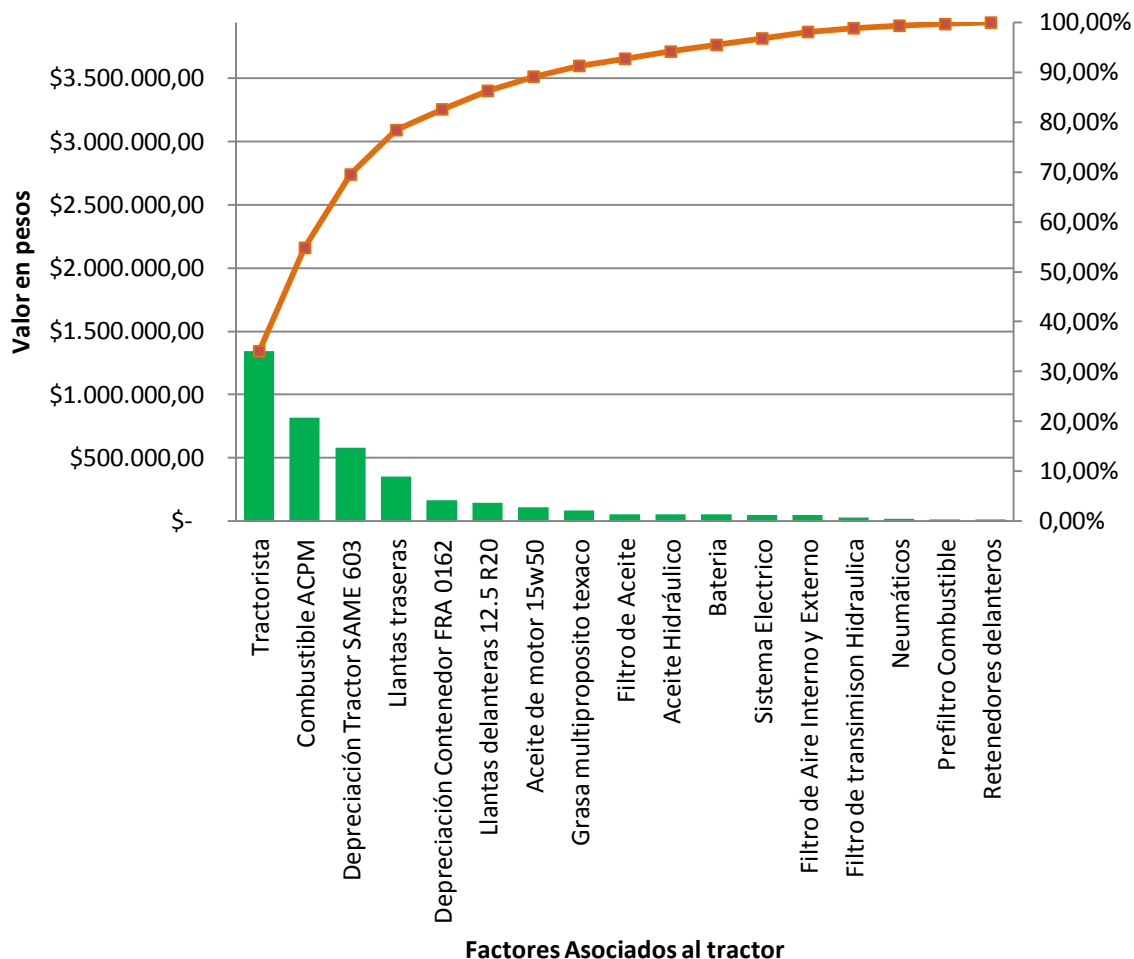
Costos asociados al Tractor								
Horas en promedio de trabajo por día del tract			8					
Valor Contenedor FRA 0162			\$ 19.690.000,00					
Valor Tractor SAME 603			\$ 69.511.462,00					
Descripción	Cantidad		Valor por und (pesos)	Valor total (pesos)	Periodicidad		Periodicidad real (días)	Vr Mensual (pesos)
Combustible ACPM	3,5	Galones	\$ 7.784,00	\$ 27.244,00	8	Horas	1	\$ 817.320,00
Aceite de motor 15w50	2,5	Galones	\$ 45.343,40	\$ 113.358,50	250	Horas	31,25	\$ 112.088,88
Aceite Hidráulico	8	Galones	\$ 34.120,77	\$ 272.966,16	1200	Horas	150	\$ 56.231,03
Filtro de Aceite	1	Unidad	\$ 57.513,33	\$ 57.513,33	250	Horas	31,25	\$ 56.869,18
Filtro de Aire Interno y Externo	1	Unidad	\$ 123.633,33	\$ 123.633,33	600	Horas	75	\$ 50.936,93
Filtro de transmision Hidraulica	1	Unidad	\$ 71.433,33	\$ 71.433,33	600	Horas	75	\$ 29.430,53
Grasa multiproposito texaco	1	Galon	\$ 5.499,12	\$ 5.499,12	2	Días	2	\$ 84.961,40
Llantas delanteras 12.5 R20	2	Unidades	\$ 1.065.000,00	\$ 2.130.000,00	15	Meses	450	\$ 146.260,00
Llantas traseras	2	Unidades	\$ 2.554.100,00	\$ 5.108.200,00	15	Meses	450	\$ 350.763,07
Prefiltro Combustible	1	Unidad	\$ 25.858,00	\$ 25.858,00	500	Horas	62,5	\$ 12.784,20
Bujes	8	Unidades	\$ 3.249,27	\$ 25.994,16	15	Meses	450	\$ 1.784,93
Bateria	1	Unidad	\$ 307.000,96	\$ 307.000,96	6	Meses	180	\$ 52.701,83
Sistema Electrico	1	Unidad	\$ 600.000,00	\$ 600.000,00	12	Meses	360	\$ 51.500,00
Neumáticos	4	Unidades	\$ 116.000,00	\$ 464.000,00	24	Meses	720	\$ 19.913,33
Retenedores delanteros	2	Unidades	\$ 34.800,00	\$ 69.600,00	6	Meses	180	\$ 11.948,00
Tractorista	1	Persona	\$ 652.000,00	\$ 652.000,00	15	Días	15	\$ 1.343.120,00
Depreciación Contenedor FRA 0162								\$ 164.083,33
Depreciación Tractor SAME 603								\$ 579.262,18
TOTAL								\$ 3.941.958,84

Fuente: Autores

Se tuvieron en cuenta: imprevistos, labores y recursos de mantenimiento, combustible, depreciación de la maquinaria y el sueldo del tractorista, generando al sistema mecanizado un costo mensual de \$ 3.941.958,84 independientemente del número de trabajadores que se asignen.

Por otra parte se estima que el 22% de los factores (4) asociados al tractor producen un efecto del 78% sobre el costo mensual, lo cual se observa en la Figura 1.

Figura 1. Diagrama de Pareto sobre los costos asociados a la cosecha mecanizada



El sueldo del tractorista (34,07%), combustible ACPM (20,73%), depreciación del tractor (14,69%) y llantas traseras (8,90%) equivalen a un 78% de los costos asociados al tractor. Por lo tanto son estos los 4 factores de mayor influencia y los que más se deben tener en cuenta al momento de querer establecer políticas de reducción de costos.

6.2. COSTOS DE LA COSECHA CON SEMOVIENTE

A continuación en la Tabla 3 se discriminan los costos asociados al sistema de cosecha con semoviente, teniendo en cuenta cada uno de los elementos que generan un cargo financiero en el uso del Búfalo.

Tabla 3. Costos asociados a la cosecha con semoviente.

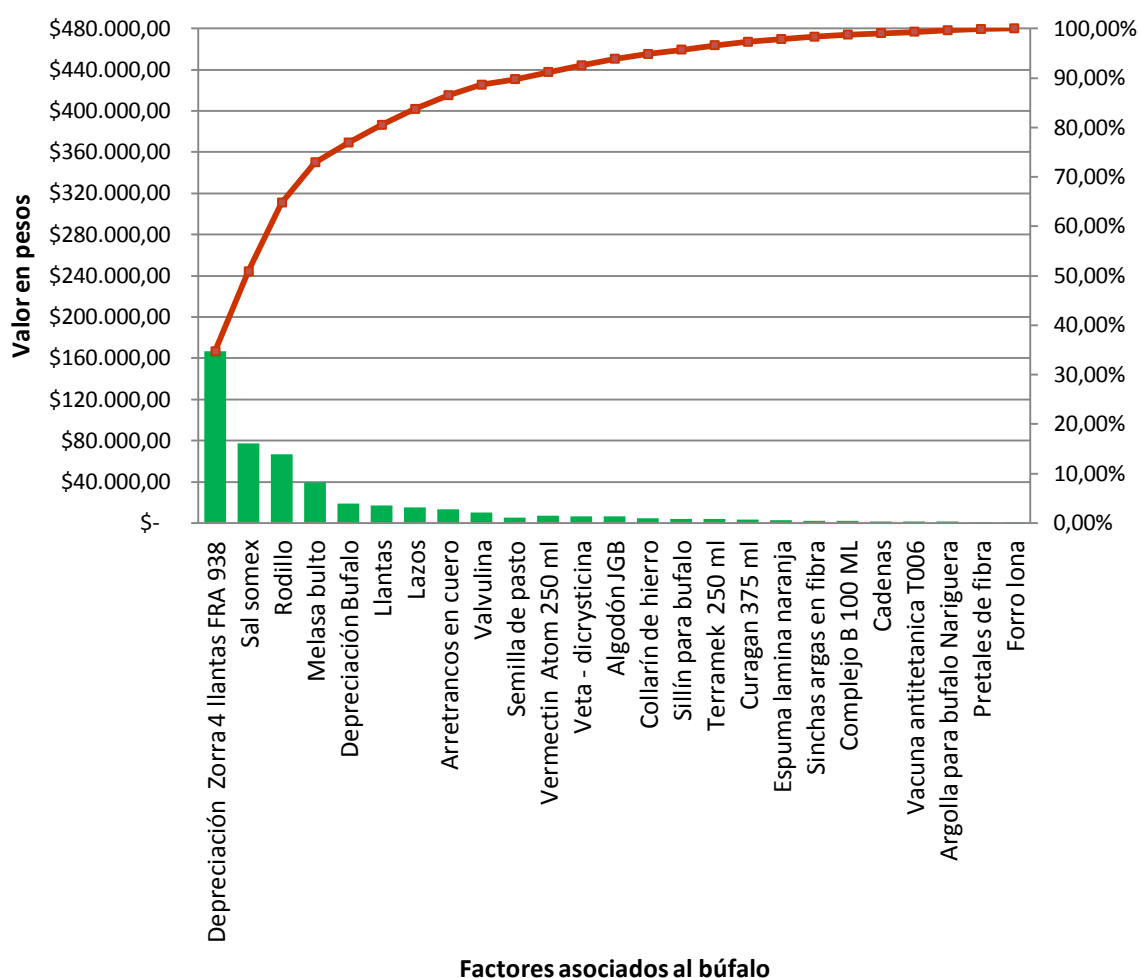
Costos asociados al Bufalo								
Horas en promedio de trabajo por dia del Bufalo			8					
Valor Bufalo			\$ 2.300.000,00					
Valor Zorra 4 llantas FRA 938			\$ 6.000.000,00					
Descripción	Cantidad		Valor por und (pesos)	Valor total (pesos)	Perio- didad	Periodicidad real (días)	Vr Mensual (pesos)	
Argolla para bufalo Nariguera	1	Unidad	\$ 15.480,27	\$ 15.480,27	12	Meses	360	\$ 1.328,72
Sinchas argas en fibra	2	Unidades	\$ 6.526,19	\$ 13.052,38	6	Meses	180	\$ 2.240,66
Arretrancos en cuero	2	Unidades	\$ 13.000,00	\$ 26.000,00	2	Meses	60	\$ 13.390,00
Pretales de fibra	2	Unidades	\$ 3.491,13	\$ 6.982,26	6	Meses	180	\$ 1.198,62
Sillín para bufalo	1	Unidad	\$ 50.000,00	\$ 50.000,00	12	Meses	360	\$ 4.291,67
Espuma lamina naranja	0,11	Laminas	\$ 95.999,99	\$ 10.666,67	4	Meses	120	\$ 2.746,67
Forro lona	0,22	Forro	\$ 11.999,00	\$ 2.666,44	4	Meses	120	\$ 686,61
Lazos	12	Metros	\$ 2.500,00	\$ 30.000,00	2	Meses	60	\$ 15.450,00
Cadenas	2	50 cm	\$ 8.700,00	\$ 17.400,00	12	Meses	360	\$ 1.493,50
Llantas	2	Unidades	\$ 150.000,00	\$ 300.000,00	18	Meses	540	\$ 17.166,67
Collarín de hierro	1	Unidad	\$ 53.725,76	\$ 53.725,76	12	Meses	360	\$ 4.611,46
Sal somex	1	Unidad	\$ 50.250,00	\$ 50.250,00	20 días		20	\$ 77.636,25
Terramek 250 ml	1	Unidad	\$ 25.000,00	\$ 25.000,00	6	Meses	180	\$ 4.291,67
Vermetin Atom 250 ml	1	Unidad	\$ 40.000,00	\$ 40.000,00	6	Meses	180	\$ 6.866,67
Complejo B 100 ML	1	Unidad	\$ 12.000,00	\$ 12.000,00	6	Meses	180	\$ 2.060,00
Veta - dicrysticina	1	Unidad	\$ 25.083,91	\$ 25.083,91	4	Meses	120	\$ 6.459,11
Curagan 375 ml	1	Unidad	\$ 12.500,00	\$ 12.500,00	4	Meses	120	\$ 3.218,75
Algodón JGB	1	Unidad	\$ 6.250,00	\$ 6.250,00	1	Meses	30	\$ 6.437,50
Vacuna antitetanica T006	1	Unidad	\$ 8.000,00	\$ 8.000,00	6	Meses	180	\$ 1.373,33
Valvulina	1	Unidad	\$ 29.600,00	\$ 29.600,00	3	Meses	90	\$ 10.162,67
Melasa bulto	1	Unidad	\$ 18.999,94	\$ 18.999,94	15 días		15	\$ 39.139,88
Semilla de pasto	1	Paquete	\$ 32.000,00	\$ 32.000,00	6	Meses	180	\$ 5.493,33
Rodillo	1	Unidad	\$ 32.480,00	\$ 32.480,00	15 Dias		15	\$ 66.908,80
				\$ -				
Depreciación Bufalo				\$ -				\$ 19.166,67
Depreciación Zorra 4 llantas FRA 938				\$ -				\$ 166.666,67
				\$ -				
TOTAL								\$ 480.485,86

Fuente: Autores

Se tuvo en cuenta en la cosecha con semoviente el mantenimiento y la depreciación del búfalo y la zorra para un total mensual de \$ 480.485,86. Se puede apreciar que los costos del búfalo son un 87% más económico que los del tractor.

Es importante conocer que el 16% de los factores (4) asociados al sistema de cosecha con búfalo producen un efecto de mayor proporción sobre el costo mensual como se refleja en la Figura 2.

Figura 2. Diagrama de Pareto sobre los costos asociados a la cosecha con semoviente.



La depreciación del búfalo (3,99%), alimentación del búfalo (24,31%), así como la depreciación de la zorra (34,69%) y mantenimiento de la zorra (13,93%) equivalen a un 77% del costo. Mientras que los otros 21 factores que afectan los costos del sistema con semoviente equivalen solo a un 23%.

6.3. COSTOS DE LA LABOR DE LA COSECHA

La empresa PALMERA DE YARIMA S.A tiene estructurado un sistema de costos en el cual según el cultivo, se le asigna un valor como remuneración al trabajador por tonelada recogida como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Discriminación de los costos del trabajador en la labor de cosecha.

Costos por labor					
		Cultivos			
		Siembra 88 a 04	Lotes 21,22,23,35, 38,41,86,104,106,116	Primera Cosecha lotes 28 y 40	Con tractor
COSTO BASE TON/TRAB		\$ 21.000,00	\$ 28.710,00	\$ 60.000,00	\$ 18.000,00
Cesantias	8,33%	\$ 1.749,30	\$ 2.391,54	\$ 4.998,00	\$ 1.499,40
Intereses cesantias	1%	\$ 210,00	\$ 287,10	\$ 600,00	\$ 180,00
Prima	8,33%	\$ 1.749,30	\$ 2.391,54	\$ 4.998,00	\$ 1.499,40
Vacaciones	4,17%	\$ 875,70	\$ 1.197,21	\$ 2.502,00	\$ 750,60
Salud	8,5%	\$ 1.785,00	\$ 2.440,35	\$ 5.100,00	\$ 1.530,00
Pension	12%	\$ 2.520,00	\$ 3.445,20	\$ 7.200,00	\$ 2.160,00
ARP	1,04%	\$ 219,24	\$ 299,73	\$ 626,40	\$ 187,92
CCF	4%	\$ 840,00	\$ 1.148,40	\$ 2.400,00	\$ 720,00
SENA	2%	\$ 420,00	\$ 574,20	\$ 1.200,00	\$ 360,00
ICBF	3%	\$ 630,00	\$ 861,30	\$ 1.800,00	\$ 540,00
Herramientas	4%	\$ 840,00	\$ 1.148,40	\$ 2.400,00	\$ 720,00
Movilización	3%	\$ 630,00	\$ 861,30	\$ 1.800,00	\$ 540,00
TOTAL RECARGOS	59,37%	\$ 12.468,54	\$ 17.046,28	\$ 35.624,40	\$ 10.687,32
Empresa de servicios tempotales EST	7%	\$ 2.342,80	\$ 3.202,94	\$ 6.693,71	\$ 2.008,11
TOTAL COSTO		\$ 35.811,34	\$ 48.959,21	\$ 102.318,11	\$ 30.695,43

Fuente: Autores

Para los lotes sembrados desde el año 1988 hasta el año 2004, debido a la altura de las palmas, la cantidad de fruto que producen y el esfuerzo de realizar la labor en estos lotes, la empresa estableció una tarifa de \$ 21.000 por tonelada recogida por trabajador, a diferencia de los lotes sembrados posterior al año 2004, ya que por su baja producción la tarifa es mayor para mitigar el impacto sobre el sueldo del trabajador. Así mismo, para los lotes 28 y 40 que empiezan su etapa productiva, la tarifa es aun mayor debido a su muy baja producción; y para los trabajadores asignados con el tractor la empresa maneja una tarifa de \$ 18.000.

Sobre el valor asignado para cada lote se hace un recargo del 59,37% por concepto de aportes, prestaciones, movilización y herramientas, y un 7% adicional para la empresa de servicios temporales en la cual se encuentre el trabajador.

6.4. RELACIÓN DE COSTOS Y RENDIMIENTOS EN LOS SISTEMAS DE COSECHA

El sistema de cosecha mecanizada desde su implementación no ha obtenido los resultados deseados por la empresa, se ha generado un aumento de los costos y una disminución de la ganancia esperada por el trabajador en comparación al sistema de cosecha tradicional. Así mismo no se ha podido establecer el número de operarios óptimo para mejorar el rendimiento asociado al tractor como tampoco la actividad de cada una de las personas de la cuadrilla.

A continuación se presenta un comparativo de ingresos mensuales por operario respecto a la asignación del sistema de cosecha.

$$\text{Ingreso mensual} = \text{Rendimiento operario} \times \text{Días trabajados} \times \text{Costo base labor}$$

Con base en lo anterior, el ingreso mensual por operario asignado al sistema de cosecha con semoviente es de \$ 887.040, con un rendimiento de 1,76 toneladas al día, 24 días trabajados y un costo base por labor de \$ 21.000.

Por el contrario, si el operario es asignado al sistema de cosecha mecanizada con tractor el ingreso mensual es de \$ 648.000, con un rendimiento de 1,5 toneladas al día, 24 días trabajados y un costo base por labor de \$ 18.000. Se aprecia en este último caso que el operario para tener un ingreso igual o superior al de cosecha con semoviente debe tener un rendimiento mínimo de 2,05 toneladas al día para que su ingreso no se vea afectado.

Por lo anterior es necesario establecer una relación entre los 2 mecanismos de cosecha para evidenciar los puntos críticos que impiden que la cosecha mecanizada sea rentable para la empresa y para el trabajador.

La cosecha con búfalo es el sistema tradicional, el cual está conformado por una cuadrilla de 2 trabajadores, un cortador encargado del corte de los racimos y un mulero encargado de recoger los racimos. Según la extensión del lote, ingresan entre 2 a 3 cuadrillas para la recolección del fruto. En promedio se corta por cuadrilla 3,52 toneladas de fruto al día, es decir un promedio por trabajador de 1,76 toneladas hombre-día.

Por otro lado, la cosecha mecanizada se realiza con un tractor acoplado a un volcó hidráulico que facilita la descarga del fruto en los centros de acopio y una cuadrilla conformada entre 7 y 8 personas que varían según las condiciones del lote, esta cuadrilla debe realizar las labores de corte del racimo, cargue del racimo y recolección de los gajos sueltos.

Este sistema no cuenta con una sólida información histórica que permita asignar el número adecuado de trabajadores y de actividades, razón por la cual es necesario compararlo con los rendimientos, asignación de operarios y costos del sistema con semovientes.

En la Tabla 5 se presenta un comparativo de los dos sistemas de cosecha con la información del año 2011 (asumiendo un valor promedio por tonelada de \$ 404.185 y 24 días trabajados al mes).

Tabla 5. Escenario del Año 2011 de la relación de los dos sistemas de cosecha para los lotes sembrados de 1988 al 2004.

Escenario Año 2011 lotes siembra del 88 a 04		
Relación Búfalo-Tractor		
	Tractor	Bufalo
Rendimiento (operario/tonelada-día)	1,5	1,76
Numero de operarios por cuadrilla	7	2
Rendimiento por cuadrilla	10,5	3,52
Rendimiento (cuadrilla/tonelada-mes)	252	84,48
Costos Fijos	\$ 3.827.144,50	\$ 466.491,12
Costo labor (tonelada)	\$ 29.801,39	\$ 34.768,29
Costo Total	\$ 11.337.094,95	\$ 3.403.716,19
Ingreso generados	\$ 101.854.620,00	\$ 34.145.548,80
Porcentaje del costo sobre ingresos	11,13%	9,97%

Fuente: Autores

Se observa que el sistema de cosecha mecanizada absorbe el 11,13% de los ingresos en comparación al sistema tradicional que genera un 9,97% de los costos sobre los ingresos generados con este mecanismo.

Para la empresa PALMERAS DE YARIMA S.A es necesario establecer escenarios con el fin de encontrar una asignación óptima de operarios en el sistema mecanizado así como de un rendimiento que permita al trabajador no afectar sus ingresos mensuales. Para el año 2012 la empresa propone un comportamiento esperado como se señala en la Tabla 6 (teniendo en cuenta un incremento del 3% en los costos y con un precio de venta esperado de \$ 416.310 en promedio).

Tabla 6. Escenario esperado por la empresa para el año 2012 de la relación de los dos sistemas de cosecha de las siembras de 1988 al 2004.

Escenario óptimo lotes siembra del 88 a 04		
Relación Búfalo-Tractor		
	Tractor	Bufalo
Rendimiento (operario/tonelada-día)	2,3	1,8
Numero de operarios por cuadrilla	8	2
Rendimiento por cuadrilla	18,4	3,6
Rendimiento (cuadrilla/tonelada-mes)	441,6	86,4
Costos Fijos	\$ 3.941.958,84	\$ 480.485,86
Costo labor (tonelada)	\$ 30.695,43	\$ 35.811,34
Costo Total	\$ 17.497.061,79	\$ 3.574.585,44
Ingreso generados	\$ 183.842.738,88	\$ 35.969.231,52
Porcentaje del costo sobre ingresos	9,52%	9,94%

Fuente: Autores

Según lo planteado para el año 2012 se esperaría aumentar la rentabilidad del tractor respecto al búfalo, disminuyendo su impacto sobre los ingresos como se aprecia en la tabla anterior.

Estas serían unas condiciones muy favorables para la empresa, sin embargo, es importante tener en cuenta otros factores que influyen en dichos resultados para poder establecer una situación que permita igualar la relación costo/ingreso de los dos sistemas de cosecha y que el empleado no vea afectado sus ingresos. Para tal efecto se calcula el rendimiento y el número de operarios para el sistema de cosecha mecanizada que se presenta en la Tabla 7.

Tabla 7. Escenario mínimo esperado para el año 2012 de la relación de los dos sistemas de cosecha de las siembras de 1988 al 2004.

Escenario esperado lotes siembra del 88 a 04		
Relación Búfalo-Tractor		
	Tractor	Bufalo
Rendimiento (operario/tonelada-día)	2,05	1,76
Numero de operarios por cuadrilla	8	2
Rendimiento por cuadrilla	16,43	3,52
Rendimiento (cuadrilla/tonelada-mes)	394,24	84,48
Costos Fijos	\$ 3.941.958,84	\$ 480.485,86
Costo labor (tonelada)	\$ 30.695,43	\$ 35.811,34
Costo Total	\$ 16.043.326,11	\$ 3.505.827,67
Ingreso generados	\$ 164.126.271,23	\$ 35.169.915,26
Porcentaje del costo sobre ingresos	9,77%	9,97%

Fuente: Autores

Donde 1,76 es el rendimiento promedio del sistema tradicional del año 2011 y 2,05 se calculó como valor mínimo esperado para que el trabajador no se vea afectado. Este rendimiento para el tractor se obtuvo de la siguiente manera:

$$\text{Rendimiento esperado Tractor} = \frac{\text{Rendimiento Búfalo} \times \text{Costo labor Bufalo}}{\text{Costo labor Tractor}}$$

El número de operarios asignados al tractor se determinó teniendo como base el porcentaje de los costos sobre los ingresos, de tal forma que dicho porcentaje en el tractor fuera igual o ligeramente menor al del búfalo con el fin de alcanzar una rentabilidad por lo menos igual a la del sistema con semoviente.

Es importante considerar en este estudio algunos factores que influyen en los escenarios expuestos anteriormente. En la cosecha tradicional, el rendimiento por operario está determinado por la cantidad de racimos que el trabajador con la antena logra cortar, ya que este número determinará el rendimiento total de las 2 personas que conforman la cuadrilla.

Así mismo, en el caso de la cosecha mecanizada, este rendimiento está determinado por el total de fruto que los trabajadores asignados a la actividad de corte consigan durante el día laborado, solo que en este sistema el rendimiento está limitado por la cantidad de personas que se asignen a la actividad de corte y el número total de personas en la cuadrilla.

Lo anterior se explica con el ejemplo que se presenta en la Tabla 8 donde se establecen diferentes escenarios variando el número de operarios asignados por cuadrilla y por actividad.

Tabla 8. Ejemplo de asignación de trabajadores para la labor de cosecha.

Sistema tradicional						
Cuadrilla	Operarios Asigandos por actividad			Corte promedio	Total cortado	Rendim.
	Cortadores	Muleros				
2	1	1		3,52	3,52	1,76

Sistema mecanizado						
Cuadrilla	Operarios Asigandos por actividad			Corte promedio	Total cortado	Rendim.
	Cortadores	Racimeros	Peperos			
6	3	2	1	3,52	10,56	1,76
7	4	2	1	3,52	14,08	2,01
8	5	2	1	3,52	17,6	2,20
9	6	2	1	3,52	21,12	2,35
7	3	2	2	3,52	10,56	1,51
8	4	2	2	3,52	14,08	1,76
9	5	2	2	3,52	17,6	1,96
10	6	2	2	3,52	21,12	2,11
8	3	3	2	3,52	10,56	1,32
9	4	3	2	3,52	14,08	1,56
10	5	3	2	3,52	17,6	1,76
11	6	3	2	3,52	21,12	1,92
9	3	3	3	3,52	10,56	1,17
10	4	3	3	3,52	14,08	1,41
11	5	3	3	3,52	17,6	1,60
12	6	3	3	3,52	21,12	1,76

Fuente: Autores

Donde:

$$Cuadrilla = \sum \text{Operarios Asignados por actividad}$$

$$\text{Total cortado} = \text{Corte promedio} \times \text{Numero de cortadores}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Total cortado}}{\text{Cuadrilla}}$$

Con el ejemplo anterior se puede apreciar cómo el rendimiento está limitado por la cantidad de personas dentro de la cuadrilla asignadas a la labor de corte, es decir, aquellas cuadrillas donde el número de cortadores conforman la mitad de la cuadrilla, el rendimiento por trabajador termina siendo el mismo del sistema tradicional (filas amarillas). Diferente a lo anterior, en los casos donde el número de cortadores es inferior a la suma de racimeros y peperos, el rendimiento siempre va a ser inferior al esperado con el sistema con semovientes (filas rojas) y por consiguiente para que dicho rendimiento con la cosecha mecanizada aumente se debe asignar un mayor número de cortadores que racimeros y peperos juntos (filas verdes).

Se debe tener en cuenta que si el número de cortadores es muy superior a los trabajadores asignados a las labores de recolección de racimos y de pepas, el rendimiento esperado por dicha cuadrilla no estaría limitado por los cortadores sino por el total de racimos que el resto de la cuadrilla lograra reunir en el día laborado. Además, si se asigna un número muy bajo de operarios para la recolección de los racimos y las pepas, el tractor tendría que estar deteniéndose periódicamente durante el proceso de recolección de la cosecha por lo que aumentaría su consumo de ACPM y generaría daños colaterales como la compactación del terreno.

7. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS SOBRE LA PRODUCCIÓN

La empresa PALMERAS DE YARIMA S.A. en la actualidad para el proceso de cosecha está trabajando con base en lo que se puede recoger en el día. El conocimiento anticipado de los volúmenes de cosecha es una información que le permitiría a la empresa contar con elementos para la planificación y optimización de los insumos y la mano de obra a utilizar.

Es pertinente aclarar que si bien no se analizará en toda su extensión el problema del pronóstico de la producción de cada uno de los lotes de la Empresa dado su enorme complejidad, si se presentan algunos análisis que brindan información valiosa sobre la forma como se podría implementar en un futuro un proceso de tal magnitud.

Para realizar el análisis estadístico sobre la producción se recopiló información histórica en la empresa relacionada con la cosecha desde enero del año 2000 hasta diciembre del año 2011.

Las variables consideradas en este estudio son las siguientes:

Variables cuantitativas:

- ☐ *Año:* Año en el cual son tomados los datos.
- ☐ *Fecha de siembra:* Año en el cual se sembró el lote.
- ☐ *Edad del lote:* Edad del lote cuando son tomados los datos.
- ☐ *Lote:* Número de cada lote de la plantación.
- ☐ *Área:* Extensión en hectáreas del lote.
- ☐ *Producción:* Cantidad en kilogramos de fruto cosechado.
- ☐ *Kr/ha:* relación entre la cantidad en kilogramos de fruto cosechado y el área.

Variables cualitativas:

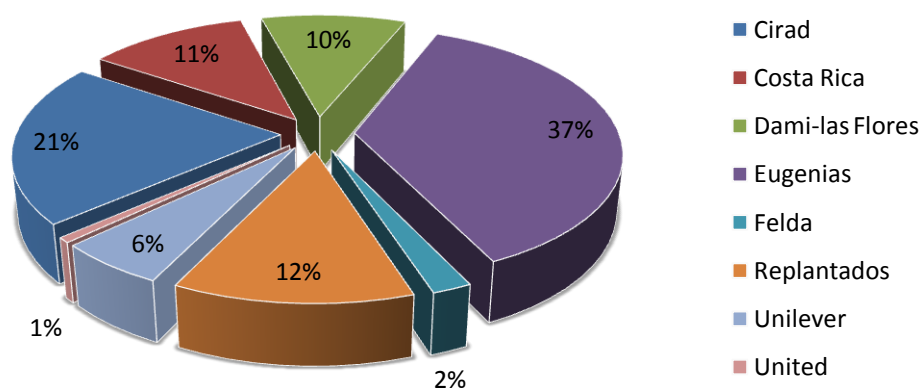
- *Mes:* Mes en el cual es registrada la cosecha.
- *Variedad genética:* Tipo de semilla sembrada en un lote determinado.

7.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LAS VARIABLES

La empresa PALMERAS DE YARIMA S.A. cuenta en la plantación principal con 116 lotes que abarcan una extensión de 1591 hectáreas y de los cuales aproximadamente el 95% se encuentran en etapa productiva.

Cabe destacar que en el año 2000, la empresa contaba con un total de 60 lotes y de acuerdo a una política de crecimiento asumida por la organización le permitió aumentar la cantidad de hectáreas sembradas con palma de aceite africana, finalizando el año 2011 con un total de 116 lotes. Actualmente existen 7 tipos de semillas sembradas en la plantación que difieren en su variedad genética como se muestra en la Figura 3.

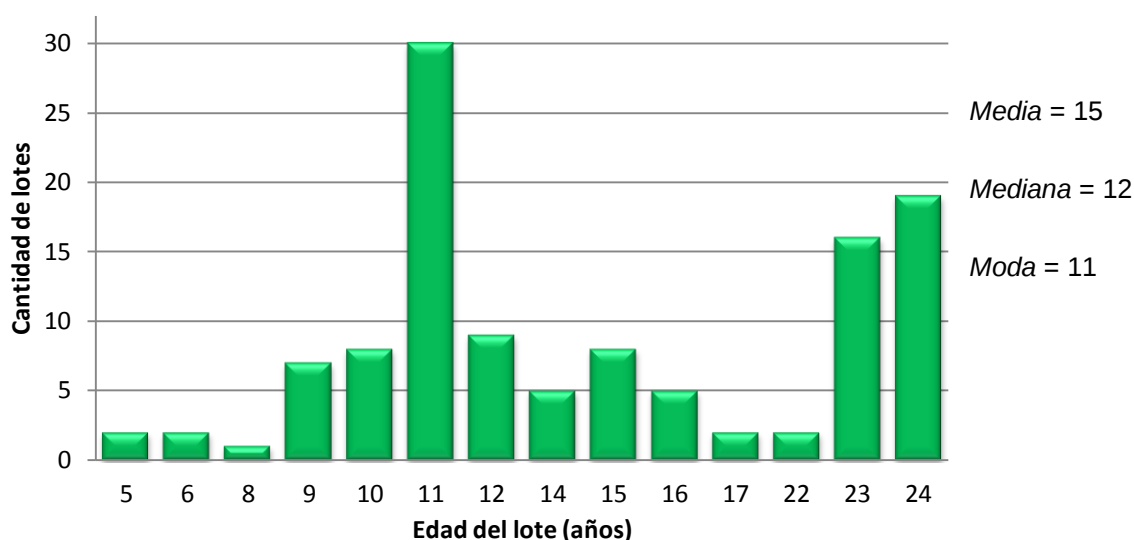
Figura 3. Distribución de la superficie según la variedad genética



Se evidencia que más del 50% de la plantación está sembrada con las variedades genéticas Cirad (21%) y Eugenias (37%). Felda (2%) y United (1%) son las variedades que están sembradas en menor proporción.

Otra variable de impacto sobre la producción es la edad del lote, determinada por la diferencia entre el año de cosecha y la fecha de siembra del lote. Con base en esto se presenta la Figura 4, donde se puede apreciar la distribución de los lotes según su edad para el año 2012.

Figura 4. Cantidad de lotes según la edad para el año 2012.

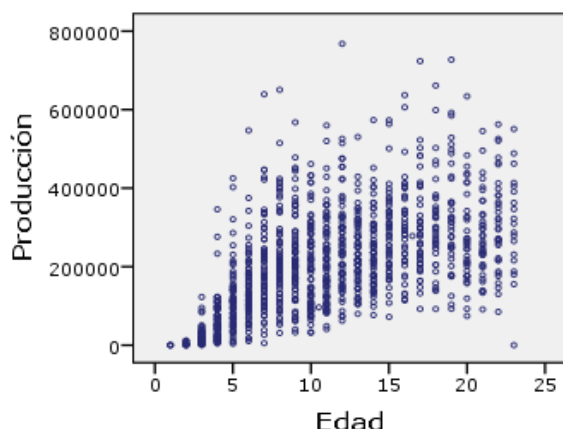


Se observa que la mayor concentración de lotes (62% = 72 lotes) tienen edades entre 9 y 16 años, seguido de los lotes con más de 17 años (33,6%=39 lotes) y en menor número y edad, con menos de 9 años, 5 lotes que corresponden al 4,4% restante.

Por otro lado, la información consolidada debe organizarse con el fin de mostrar de manera real puntos de comparación de la producción en determinadas edades de lotes y según el tipo de variedad genética.

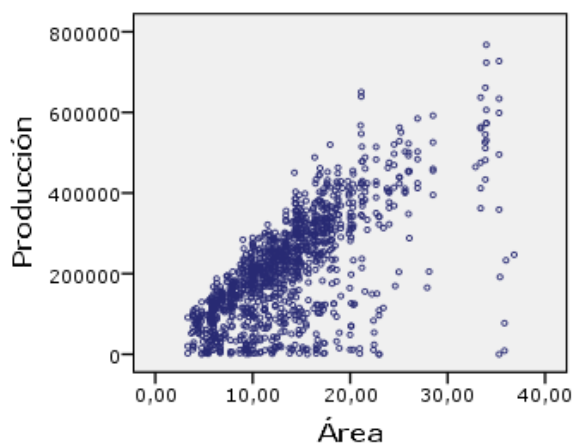
En la Figura 5 se muestra la correlación de la variable dependiente (producción) con cada una de las variables independientes.

Figura 5. Correlación de las variables vs la variable producción.



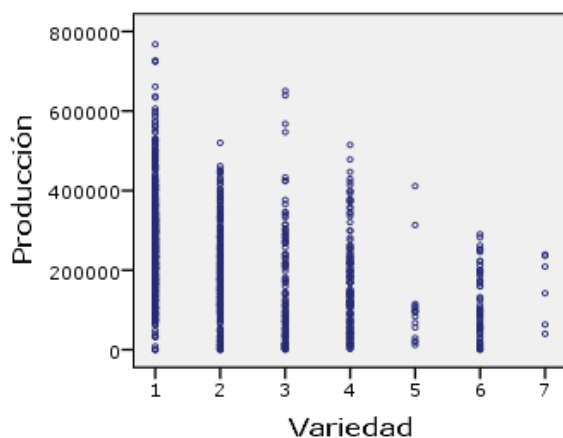
0,554

El coeficiente de correlación señala que existe una asociación positiva moderada entre edad y producción, indicando que la edad influye en los valores de producción.



0,677

Como se esperaba el coeficiente de correlación determina que existe una fuerte relación positiva entre el área de los lotes y la producción, mostrando que a mayor área del lote, mayor es la producción.



-0,362

Para cada variedad genética se asignó un valor para poder estimar la correlación. Como se muestra en la gráfica el tipo de semilla hace variar la producción.

Es importante destacar que las tres principales variables que determinan la producción de cada lote son la variedad genética, la edad del lote y el tamaño del lote. En primer lugar para eliminar el sesgo de la información por el tamaño, se replanteó la variable <Producción> por <Producción promedio por hectárea>, estableciendo una variable de comparación uniforme.

En segunda Instancia para poder analizar de una manera adecuada la variedad genética y la edad del lote se generó una matriz como se muestra en la Tabla 9, donde se puede observar el comportamiento de la producción promedio por hectárea según la variedad genética para cada edad del lote donde existen registros.

Tabla 9. Producción promedio por hectárea según la variedad genética y la edad del lote

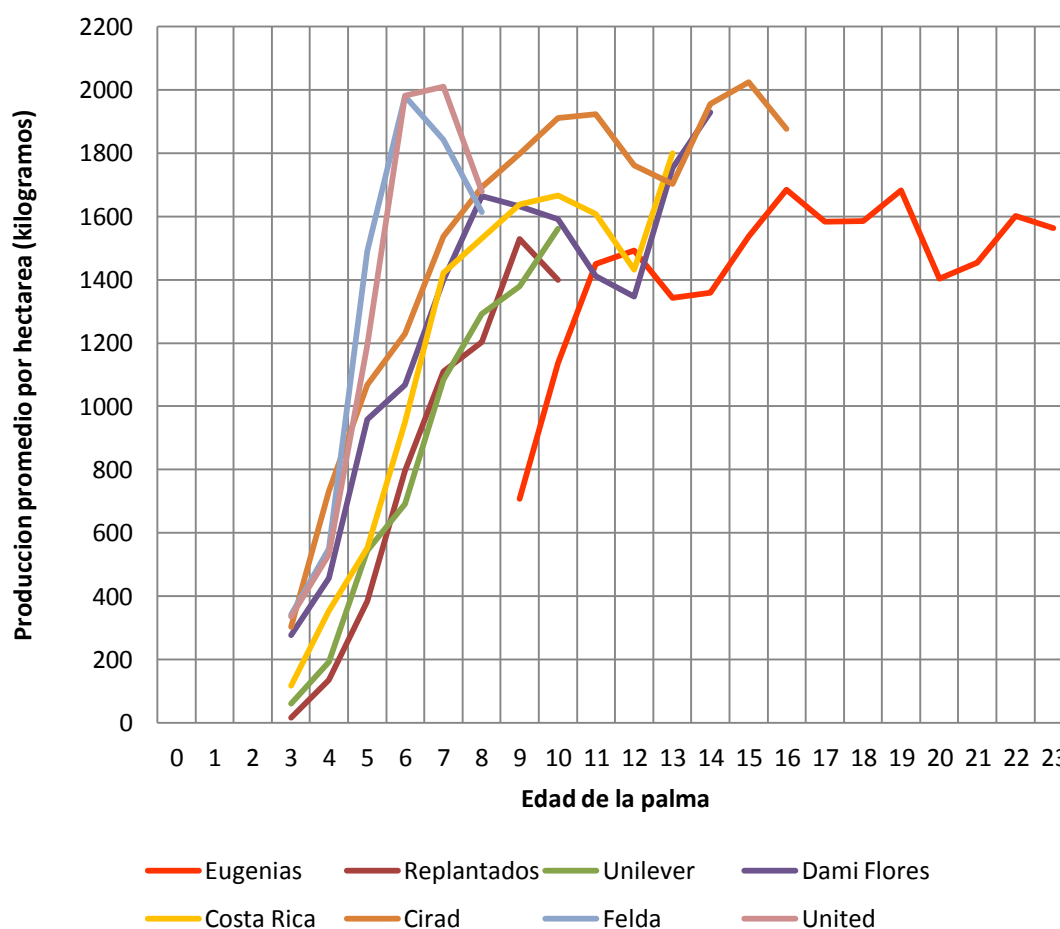
Edad del lote	Variedad Genética							
	Eugenias	Replantados	Unilever	Dami Flores	Costa Rica	Cirad	Felda	United
0								
1								
2								
3		17,43	61,85	278,02	117,79	303,19	341,87	335,86
4		135,84	192,50	457,81	354,65	731,61	551,05	531,81
5		384,49	545,08	957,92	551,87	1067,25	1489,69	1192,62
6		796,80	690,91	1067,70	950,27	1228,31	1979,06	1981,06
7		1109,69	1083,46	1399,56	1420,44	1535,81	1841,89	2009,52
8		1202,71	1292,87	1663,91	1530,56	1693,10	1613,81	1678,65
9	708,72	1528,48	1379,38	1631,34	1636,90	1797,16		
10	1136,75	1399,96	1561,44	1591,12	1666,29	1910,89		
11	1449,62			1410,71	1606,41	1923,31		
12	1491,52			1345,90	1431,58	1760,47		
13	1341,58			1752,23	1800,20	1701,43		
14	1358,16			1928,06		1955,42		
15	1535,69					2023,17		
16	1683,36					1875,74		
17	1582,39							
18	1585,27							
19	1681,24							
20	1402,55							
21	1453,25							
22	1601,88							
23	1563,15							

Fuente: Autores

La única variedad genética que actualmente tiene más de 17 años dentro de la plantación es Eugenia, y la información histórica que maneja la empresa empieza cuando dicha variedad tenía 9 años de maduración (fue con la única variedad genética que inició la empresa PALMERAS DE YARIMA S.A en 1987). Por el contrario para la variedad Unilever, los lotes de mayor edad son de 10 años, Dami Flores 14 años, Costa Rica 13 años, Cirad 16 años, Felda y United 8 años.

En la Figura 6 se muestra el comportamiento de la Producción promedio por hectárea según la edad de maduración y la variedad genética.

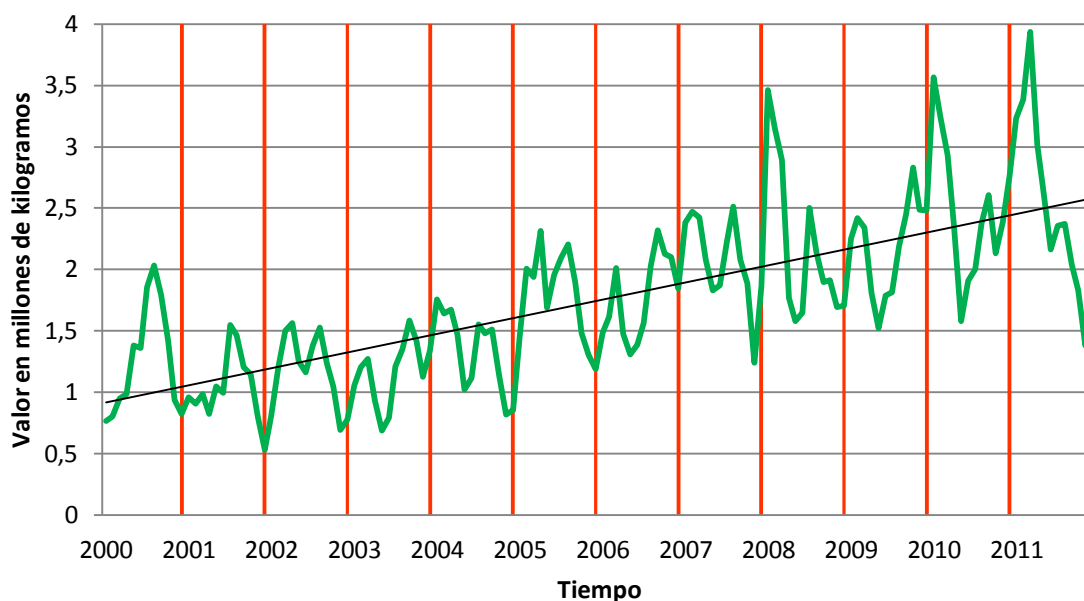
Figura 6. Comparativo de la producción según la variedad genética y la maduración de la palma



Se evidencia que hasta aproximadamente el octavo año la producción tiene un aumento proporcional con la edad de maduración del lote y a partir de este periodo el comportamiento de la producción comienza a oscilar alrededor de los 1600 kilogramos por hectárea. Además se muestra como Cirad es la variedad genética que para diferentes edades de maduración es la que en mayores ocasiones supera en producción a las demás.

La información histórica de la producción de la empresa PALMERAS DE YARIMA S.A. en su plantación principal se muestra en la Figura 7, donde se ve el comportamiento global de toda la producción.

Figura 7. Total histórico de las toneladas cosechadas en el periodo 2000-2011 en 116 lotes.



La Figura 7 muestra una tendencia creciente de los datos con respecto al tiempo y fluctuaciones periódicas que generan variabilidad en la información. Cada dato de producción para cada periodo de tiempo (meses) se obtiene por medio de la sumatoria de la producción total de los lotes en dicho periodo, sin consideración a las especificidades propias de cada lote.

7.2. ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN

La empresa PALMERAS DE YARIMA S.A comenzó a registrar información correspondiente a los kilogramos de frutos de palma que alcanzan a recoger en cada lote al mes, desde comienzos del año 1999; sin embargo, la gran cantidad de lotes con tan disímiles edades de maduración, superficie y variedades genéticas sembradas en cada uno de ellos, entre otros factores, dificulta por limitaciones de tiempo y disposición de las herramientas necesarias, el poder realizar un pronóstico de la producción total de la empresa que arroje información confiable.

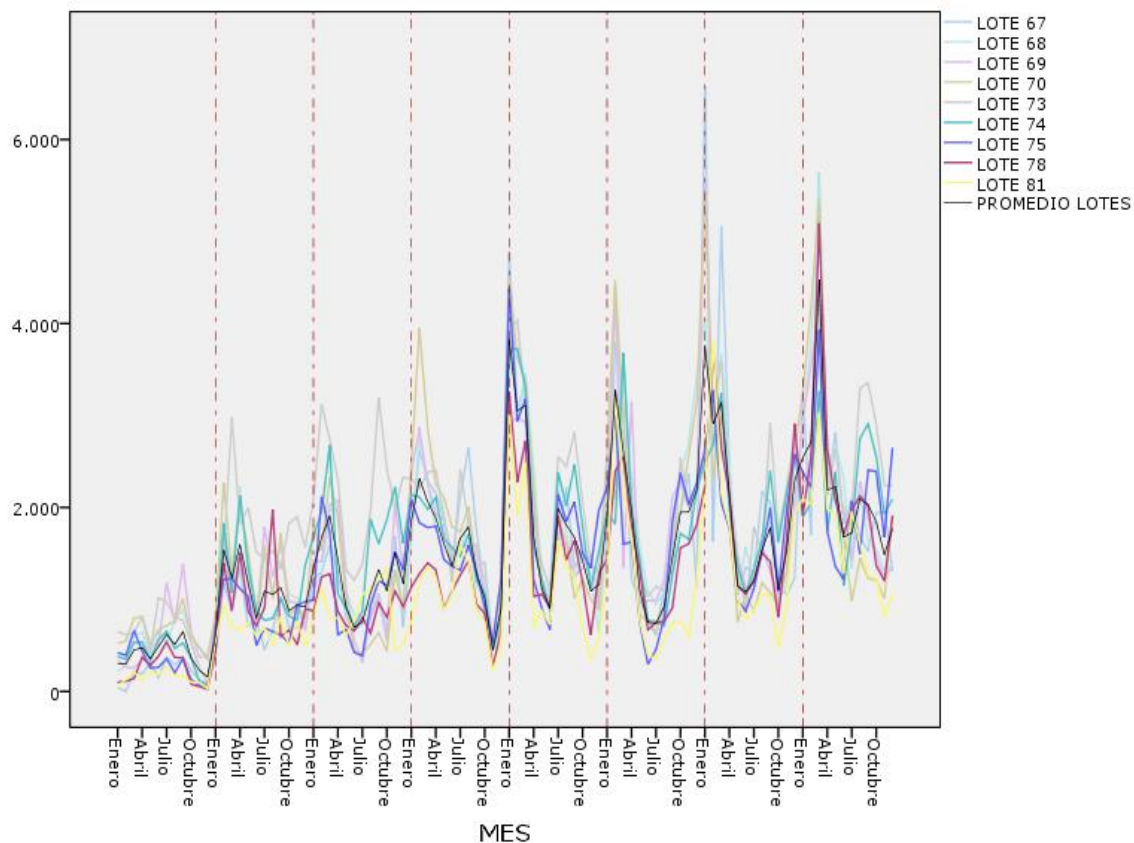
Por tal motivo y con el propósito de evadir en alguna manera estos factores que aumentan la variabilidad de la producción y poder realizar este tipo de análisis, se define una nueva variable para este apartado <Producción promedio> seleccionando los datos de la producción promedio (en kilogramos por hectárea) de 9 lotes correspondientes a los números 67, 68, 69, 70, 73, 74, 75, 78 y 81 que están sembrados con la misma variedad genética (Cirad) y tienen a la fecha los mismos once años de maduración. Estos datos corresponden con el período de tiempo de enero 2004 a diciembre 2011.

7.2.1. Análisis de la serie temporal

El objetivo en el análisis de las series de tiempo es saber por qué varía la serie y por qué la serie no es constante. Las principales fuentes de variabilidad son: tendencia, estacionalidad, ciclicidad, observaciones atípicas, intervenciones exógenas y aleatoriedad.

La Figura 8 aglomera las series temporales univariantes de cada uno de los lotes considerados para el análisis. En color negro se presenta la serie que corresponde al promedio de la producción mensual de estos 9 lotes.

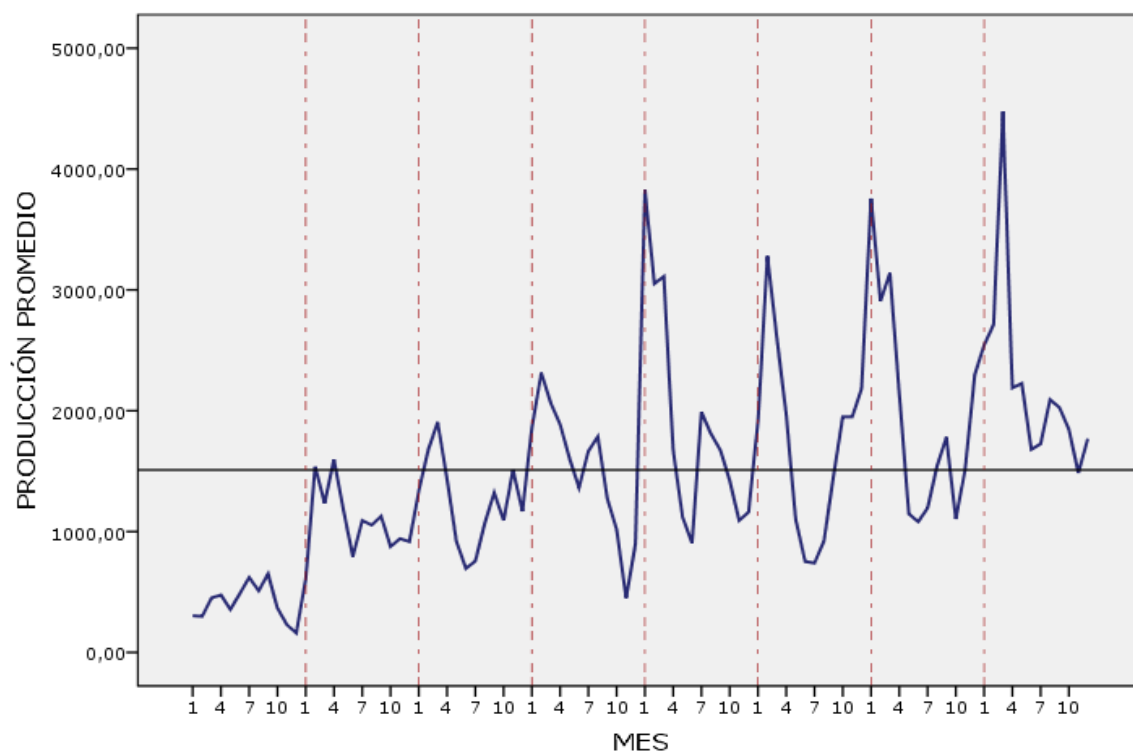
Figura 8. Gráfico de la secuencia temporal para la producción de cada lote y el promedio de los nueve lotes.



Se advierte que todos los lotes presentan un comportamiento parecido en el período de tiempo analizado, intercalando períodos de alta cosecha y períodos de baja cosecha en los mismos intervalos de tiempo. Observación que avala el criterio de promediar estos valores para conformar la nueva variable *prom_lotes*.

La Figura 9 extrae solamente la serie de la variable agrupada (*prom_lotes*) en la que se muestra una serie con tendencia.

Figura 9. Serie temporal de la variable *prom_lotes*.

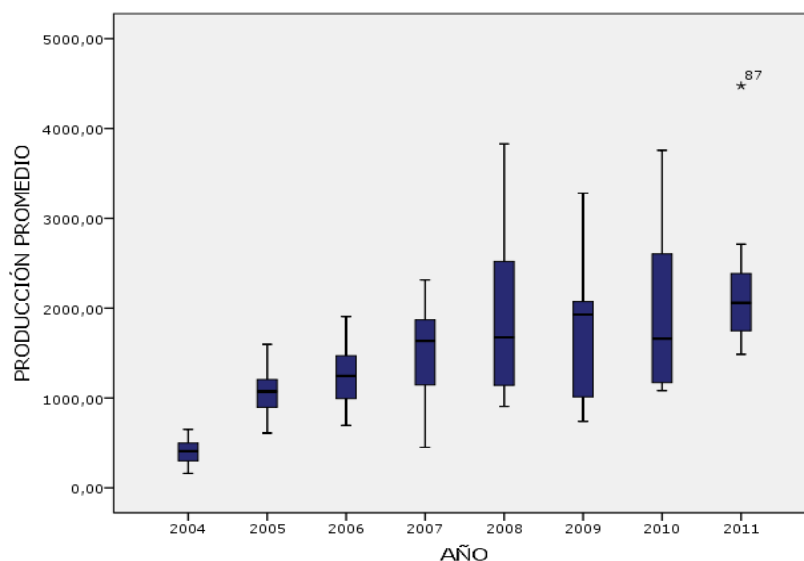


La tendencia ascendente, que se observa, implica que la serie va creciendo a largo plazo. Además se distingue estacionalidad en la serie, se puede ver un patrón que se repite sistemáticamente a lo largo de los años además de una variabilidad no constante.

Por otro lado, en la Figura 10 se corrobora la tendencia creciente que existe en la serie de *prom_lotes*, donde se advierte que la mediana en la caja correspondiente a cada año se va incrementando salvo algunas excepciones en los años 2008 y 2010.

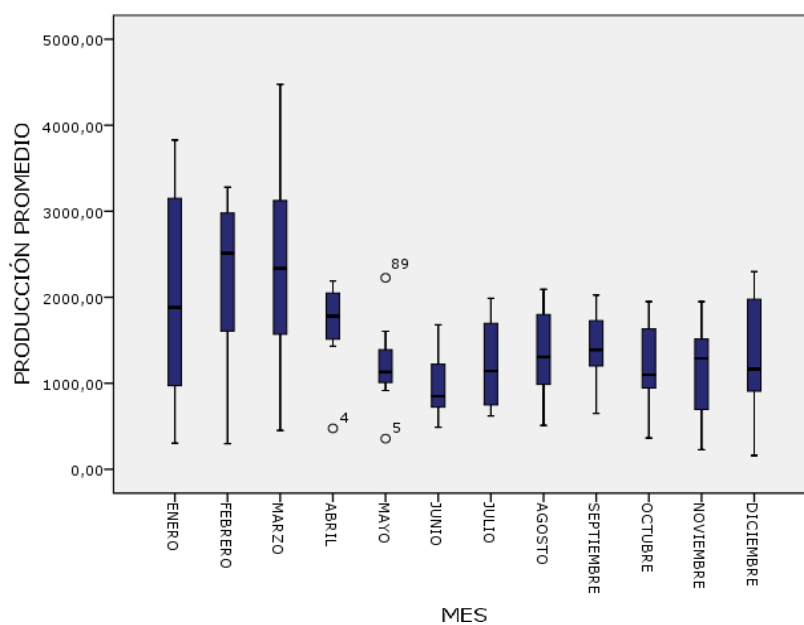
El diagrama también señala la observación 87 como atípica, corresponde a la producción del mes de marzo del 2011.

Figura 10. Diagrama de cajas para la producción promedio por año.



Una forma gráfica para visualizar el efecto estacional en la serie es el diagrama de caja agregado por mes que se presenta en la Figura 11. Es así como se evidencia un incremento continuo en la cosecha en los primeros meses del año para seguir con una disminución de la misma en los últimos meses de cada año.

Figura 11. Diagrama de cajas para producción promedio por mes.



7.2.2. Selección del modelo para la predicción

A continuación se procede a escoger el método de pronóstico más adecuado para realizar la predicción teniendo como parámetros de selección el error medio absoluto (MAE), el error porcentual (MAPE) y el índice de correlación (R^2) entre los datos históricos y los datos pronosticados, destacando el mínimo error y el mayor índice de correlación con el fin de asegurar una proyección de los datos más confiable con una menor cantidad de residuos.

Para dicho análisis (teniendo en cuenta que la información que se tiene es de enero del 2004 a diciembre del 2011), no se tuvo en cuenta los últimos 6 periodos de tiempo para poder validar los métodos de pronóstico, calculando así como se muestra en la Tabla 10 los errores para cada modelo que se uso inicialmente tanto para la parte de ajuste de los datos como para la parte pronosticada. Los métodos usados para el pronóstico deben tener en cuenta el factor estacional de la serie.

Tabla 10. Comparativo entre los diferentes métodos de pronóstico

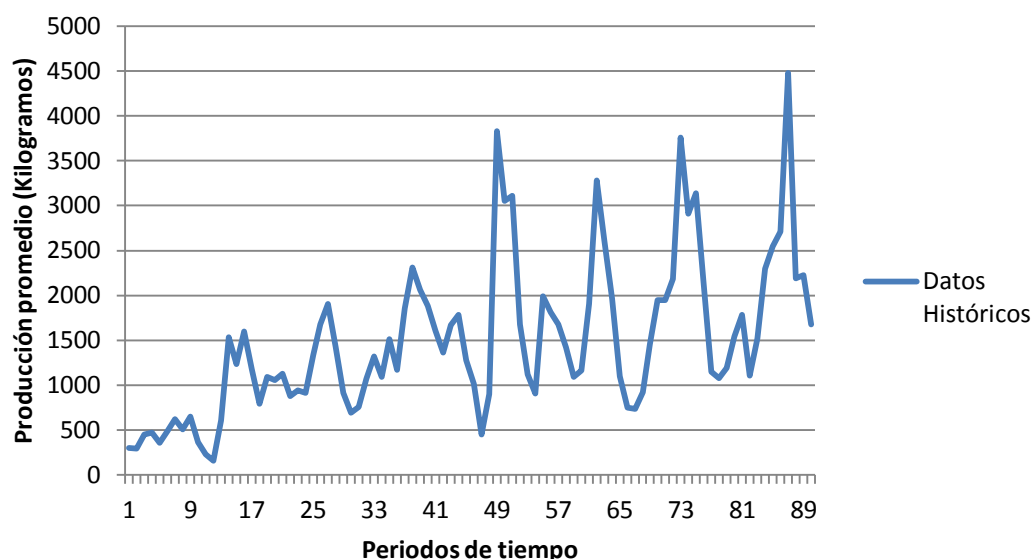
Método de Pronóstico	Ajuste de los datos			Ajuste del pronóstico		
	R^2	MAE	MAPE	R^2	MAE	MAPE
Suavizamiento exponencial triple de Winter	0,44	433	32%	0,26	279	15%
Modelo Arima	0,58	357	34%	0,23	301	16%
Regresión lineal con factor estacional	0,71	331	35%	0,5	164	9%

Fuente: Autores

Por consiguiente el método seleccionado para realizar el pronóstico de la producción de los lotes 67, 68, 69, 70, 73, 74, 75, 78 y 81 que están sembrados con la misma variedad genética (Cirad) y tienen a la fecha los mismos once años de maduración, es el modelo de regresión lineal con factor estacional, por presentar el menor error medio absoluto (MAE) y el mayor coeficiente cuadrado de correlación (R^2).

En la Figura 12 se muestra el comportamiento promedio de los lotes de enero del 2004 (periodo 1) a junio del año 2011 (periodo 90), teniendo un periodo de validación de 6 meses (Columna 2. Tabla 12).

Figura 12. Comportamiento de la producción prom_lote por hectárea



Como se comprobó anteriormente, la serie de tiempo presenta tendencia y variación estacional, por lo tanto es necesario calcular los índices de estacionalidad de cada periodo para suavizar el comportamiento y variabilidad de los datos con el fin de obtener un mejor ajuste con la línea de tendencia.

Al presentar estacionalidad anual, se deben calcular 12 índices de estacionalidad para el desarrollo del modelo de pronóstico, en la Tabla 11 se muestra los índices de estacionalidad para cada uno de los periodos (Columna 4. Tabla 12). Se calcularon por medio del complemento de Excel para la optimización, Solver. (Teniendo como objetivo minimizar el error medio absoluto MAE).

Tabla 11. Índices de estacionalidad para cada periodo en el año

Periodo	Factor Estacional
1	1,164
2	1,645
3	1,476
4	1,025
5	0,745
6	0,628
7	0,779
8	0,833
9	0,828
10	0,791
11	0,669
12	0,857

En la Tabla 11 se observa como los primeros meses del año tienen un valor superior a uno, esto debido a que esta es la temporada de mayor producción y por lo tanto tiene una mayor participación en el posterior ajuste de la tendencia.

Con los índices estacionales hallados, se procede a recalcular los datos para visualizar mejor el comportamiento y ajustar una tendencia lineal, se usa la siguiente ecuación (Columna 5. Tabla 12):

$$\hat{X}_t = \frac{X_t}{i_t}$$

Donde:

$\hat{X}_t$: Valor ajustado en el periodo t

X_t : Valor real en el periodo t

i_t : Factor estacional en el periodo t

Posterior a esto se haya la expresión de la línea de tendencia; calculando la pendiente y la intersección de los datos con el eje Y.

$$Y_t = m\hat{x}_t + b$$

Tendencia	Intersección (b)	660,217
	Pendiente (m)	19,561

Se haya el valor de Y_t para cada uno de los datos ajustados $\hat{x}_t$ (Columna 6. Tabla 12) y finalmente se calcula el pronóstico, multiplicando el valor de Y_t por el valor del factor estacional i_t para cada uno de los 90 periodos de tiempo (Columna 7 Tabla 12).

Tabla 12. Modelo de regresión lineal con ajuste estacional

Fecha	Periodo	Datos Históricos	Factor Estacional	Datos Suavizados	Tendencia	Pronóstico	Error Absoluto
ene-04	1	303	1,164	260,41	679,78	790,97	487,97
feb-04	2	298	1,645	181,12	699,34	1150,65	852,65
mar-04	3	452	1,476	306,20	718,90	1061,21	609,21
abr-04	4	476	1,025	464,24	738,46	757,16	281,16
may-04	5	356	0,745	477,60	758,02	565,03	209,03
jun-04	6	488	0,628	777,64	777,59	487,97	0,03
jul-04	7	621	0,779	797,10	797,15	621,03	0,03
ago-04	8	510	0,833	612,44	816,71	680,10	170,10
sep-04	9	651	0,828	785,84	836,27	692,77	41,77
oct-04	10	364	0,791	460,05	855,83	677,15	313,15
nov-04	11	229	0,669	342,25	875,39	585,72	356,72
dic-04	12	160	0,857	186,75	894,96	766,75	606,75
ene-05	13	609	1,164	523,39	914,52	1064,10	455,10
feb-05	14	1537	1,645	934,15	934,08	1536,88	0,12
mar-05	15	1235	1,476	836,63	953,64	1407,72	172,72
abr-05	16	1597	1,025	1557,56	973,20	997,84	599,16
may-05	17	1177	0,745	1579,02	992,76	740,00	437,00
jun-05	18	794	0,628	1265,25	1012,32	635,28	158,72
jul-05	19	1092	0,779	1401,67	1031,89	803,91	288,09
ago-05	20	1054	0,833	1265,71	1051,45	875,57	178,43

sep-05	21	1128	0,828	1361,65	1071,01	887,23	240,77
oct-05	22	877	0,791	1108,41	1090,57	862,88	14,12
nov-05	23	942	0,669	1407,87	1110,13	742,78	199,22
dic-05	24	917	0,857	1070,32	1129,69	967,87	50,87
ene-06	25	1337	1,164	1149,06	1149,25	1337,23	0,23
feb-06	26	1676	1,645	1018,63	1168,82	1923,10	247,10
mar-06	27	1906	1,476	1291,19	1188,38	1754,23	151,77
abr-06	28	1430	1,025	1394,68	1207,94	1238,53	191,47
may-06	29	915	0,745	1227,53	1227,50	914,98	0,02
jun-06	30	695	0,628	1107,50	1247,06	782,58	87,58
jul-06	31	756	0,779	970,39	1266,62	986,79	230,79
ago-06	32	1071	0,833	1286,13	1286,18	1071,05	0,05
sep-06	33	1323	0,828	1597,04	1305,75	1081,69	241,31
oct-06	34	1094	0,791	1382,67	1325,31	1048,61	45,39
nov-06	35	1510	0,669	2256,78	1344,87	899,85	610,15
dic-06	36	1169	0,857	1364,46	1364,43	1168,98	0,02
ene-07	37	1856	1,164	1595,10	1383,99	1610,36	245,64
feb-07	38	2314	1,645	1406,39	1403,55	2309,33	4,67
mar-07	39	2064	1,476	1398,23	1423,12	2100,74	36,74
abr-07	40	1886	1,025	1839,42	1442,68	1479,21	406,79
may-07	41	1604	0,745	2151,87	1462,24	1089,95	514,05
jun-07	42	1363	0,628	2171,97	1481,80	929,89	433,11
jul-07	43	1668	0,779	2141,01	1501,36	1169,67	498,33
ago-07	44	1787	0,833	2145,95	1520,92	1266,52	520,48
sep-07	45	1276	0,828	1540,30	1540,48	1276,15	0,15
oct-07	46	1015	0,791	1282,82	1560,05	1234,34	219,34
nov-07	47	451	0,669	674,04	1579,61	1056,91	605,91
dic-07	48	900	0,857	1050,48	1599,17	1370,09	470,09
ene-08	49	3828	1,164	3289,89	1618,73	1883,50	1944,50
feb-08	50	3052	1,645	1854,93	1638,29	2695,55	356,45
mar-08	51	3111	1,476	2107,50	1657,85	2447,25	663,75
abr-08	52	1677	1,025	1635,58	1677,41	1719,89	42,89
may-08	53	1119	0,745	1501,21	1696,98	1264,92	145,92
jun-08	54	906	0,628	1443,73	1716,54	1077,20	171,20
jul-08	55	1988	0,779	2551,76	1736,10	1352,54	635,46
ago-08	56	1810	0,833	2173,57	1755,66	1461,99	348,01
sep-08	57	1675	0,828	2021,95	1775,22	1470,61	204,39
oct-08	58	1420	0,791	1794,69	1794,78	1420,07	0,07
nov-08	59	1093	0,669	1633,55	1814,34	1213,97	120,97

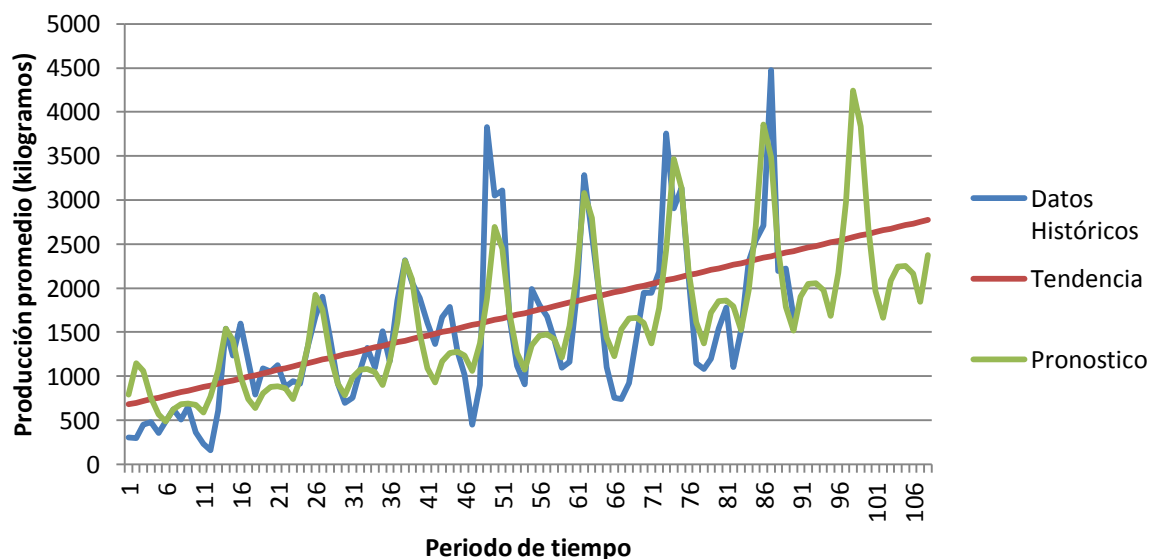
dic-08	60	1162	0,857	1356,29	1833,91	1571,20	409,20
ene-09	61	1908	1,164	1639,79	1853,47	2156,63	248,63
feb-09	62	3281	1,645	1994,11	1873,03	3081,77	199,23
mar-09	63	2607	1,476	1766,08	1892,59	2793,76	186,76
abr-09	64	1961	1,025	1912,57	1912,15	1960,57	0,43
may-09	65	1102	0,745	1478,40	1931,71	1439,90	337,90
jun-09	66	752	0,628	1198,33	1951,28	1224,51	472,51
jul-09	67	740	0,779	949,85	1970,84	1535,42	795,42
ago-09	68	922	0,833	1107,20	1990,40	1657,47	735,47
sep-09	69	1453	0,828	1753,97	2009,96	1665,07	212,07
oct-09	70	1950	0,791	2464,54	2029,52	1605,80	344,20
nov-09	71	1949	0,669	2912,89	2049,08	1371,03	577,97
dic-09	72	2186	0,857	2551,50	2068,64	1772,31	413,69
ene-10	73	3756	1,164	3228,01	2088,21	2429,76	1326,24
feb-10	74	2909	1,645	1768,02	2107,77	3468,00	559,00
mar-10	75	3139	1,476	2126,47	2127,33	3140,26	1,26
abr-10	76	2136	1,025	2083,25	2146,89	2201,25	65,25
may-10	77	1147	0,745	1538,77	2166,45	1614,87	467,87
jun-10	78	1082	0,628	1724,19	2186,01	1371,82	289,82
jul-10	79	1195	0,779	1533,88	2205,57	1718,30	523,30
ago-10	80	1541	0,833	1850,54	2225,14	1852,94	311,94
sep-10	81	1782	0,828	2151,11	2244,70	1859,53	77,53
oct-10	82	1105	0,791	1396,57	2264,26	1791,53	686,53
nov-10	83	1521	0,669	2273,22	2283,82	1528,09	7,09
dic-10	84	2299	0,857	2683,39	2303,38	1973,43	325,57
ene-11	85	2544	1,164	2186,39	2322,94	2702,89	158,89
feb-11	86	2711	1,645	1647,68	2342,50	3854,22	1143,22
mar-11	87	4476	1,476	3032,20	2362,07	3486,77	989,23
abr-11	88	2190	1,025	2135,91	2381,63	2441,94	251,94
may-11	89	2226	0,745	2986,32	2401,19	1789,84	436,16
jun-11	90	1680	0,628	2677,11	2420,75	1519,12	160,88
jul-11	91	1726	0,779	2215,46	2440,31	1901,17	175,17
ago-11	92	2092	0,833	2512,21	2459,87	2048,41	43,59
sep-11	93	2026	0,828	2445,65	2479,44	2053,99	27,99
oct-11	94	1845	0,791	2331,83	2499,00	1977,26	132,26
nov-11	95	1486	0,669	2220,91	2518,56	1685,16	199,16
dic-11	96	1769	0,857	2064,78	2538,12	2174,54	405,54
ene-12	97		1,164		2557,68	2976,03	2976,03
feb-12	98		1,645		2577,24	4240,45	4240,45

mar-12	99		1,476		2596,80	3833,28	3833,28
abr-12	100		1,025		2616,37	2682,62	2682,62
may-12	101		0,745		2635,93	1964,82	1964,82
jun-12	102		0,628		2655,49	1666,43	1666,43
jul-12	103		0,779		2675,05	2084,05	2084,05
ago-12	104		0,833		2694,61	2243,89	2243,89
sep-12	105		0,828		2714,17	2248,44	2248,44
oct-12	106		0,791		2733,73	2162,99	2162,99
nov-12	107		0,669		2753,30	1842,22	1842,22
dic-12	108		0,857		2772,86	2375,65	2375,65

Para calcular el error medio absoluto MAE y el error medio porcentual MAPE (con el fin de obtener puntos de comparación con otros modelos) se genera la columna 8 de la Tabla 12 y se calcula como la diferencia absoluta del pronóstico y el valor real para cada periodo t.

En la Figura 13 se realiza el grafico comparativo entre los datos reales y el modelo de ajuste para la predicción del año 2012.

Figura 13. Datos reales vs modelo de ajuste.



Como el pronóstico se realizó para el promedio de la producción por hectárea (kilogramos), se multiplica el valor pronosticado para cada mes del 2012 por el tamaño de cada uno de los 9 lotes considerados para este modelo como se muestra en la Tabla 13 (valores en kilogramos).

Tabla 13. Pronóstico de la producción de los 9 lotes considerados en el modelo para el año 2012

Lote:	67	68	69	70	73	74	75	80	81	
Tamaño:	9,62	17,25	10,78	14,80	14,36	15,45	13,97	9,34	12,78	
ene-12	28629	51336	32082	44045	42736	45972	41575	27796	38034	352205
feb-12	40793	73148	45712	62759	60893	65505	59239	39606	54193	501847
mar-12	36876	66124	41323	56733	55046	59215	53551	35803	48989	453660
abr-12	25807	46275	28919	39703	38522	41440	37476	25056	34284	317481
may-12	18902	33893	21181	29079	28215	30352	27449	18351	25110	232531
jun-12	16031	28746	17964	24663	23930	25742	23280	15564	21297	197218
jul-12	20049	35950	22466	30844	29927	32194	29114	19465	26634	246642
ago-12	21586	38707	24189	33210	32222	34663	31347	20958	28677	265559
sep-12	21630	38786	24238	33277	32288	34733	31411	21000	28735	266098
oct-12	20808	37312	23317	32012	31061	33413	30217	20202	27643	255985
nov-12	17722	31778	19859	27265	26454	28458	25736	17206	23544	218022
dic-12	22854	40980	25610	35160	34114	36698	33188	22189	30361	281152

Se obtiene el resultado final del análisis estadístico donde se muestra la producción pronosticada para los lotes 67, 68, 69, 70, 73, 74, 75, 80 y 81 para cada uno de los doce meses del año 2012.

Teniendo en cuenta la producción mensual pronostica se procede a cargar el costo del tractor y búfalo para cada uno de ellos como se muestra a continuación.

Tabla 14. Relación costo-producción para el año 2012

	COSTO FIJO	COSTO VARIABLE	RECOLECCION POR CUADRILLA
TRACTOR	\$ 3.941.959	\$ 30.695	394,24
BÚFALO	\$ 480.486	\$ 35.811	84,48

MES	PRODUCCION TOTAL MES	COSTO TRACTOR	COSTO BÚFALO	DIFERENCIA COSTO	CUADRILLAS TRACTOR	CUADRILLAS BÚFALO
ene-12	352	\$ 14.332.588	\$ 14.616.004	\$ 283.416	0,89	4,17
feb-12	502	\$ 20.422.102	\$ 20.825.933	\$ 403.831	1,27	5,94
mar-12	454	\$ 18.461.186	\$ 18.826.242	\$ 365.055	1,15	5,37
abr-12	317	\$ 12.919.534	\$ 13.175.008	\$ 255.474	0,81	3,76
may-12	233	\$ 9.462.589	\$ 9.649.704	\$ 187.115	0,59	2,75
jun-12	197	\$ 8.025.566	\$ 8.184.265	\$ 158.699	0,50	2,33
jul-12	247	\$ 10.036.820	\$ 10.235.291	\$ 198.470	0,63	2,92
ago-12	266	\$ 10.806.626	\$ 11.020.319	\$ 213.693	0,67	3,14
sep-12	266	\$ 10.828.560	\$ 11.042.687	\$ 214.126	0,67	3,15
oct-12	256	\$ 10.417.023	\$ 10.623.012	\$ 205.988	0,65	3,03
nov-12	218	\$ 8.872.161	\$ 9.047.601	\$ 175.440	0,55	2,58
dic-12	281	\$ 11.441.166	\$ 11.667.406	\$ 226.240	0,71	3,33

De acuerdo a la Tabla 14 se evidencia que entre mayor sea la producción de un lote, mayor será el margen de rentabilidad que el tractor ofrece respecto al sistema de cosecha con semoviente. Esta rentabilidad se logra debido a que existe una mejor asignación de los recursos y una mejor eficiencia en la recolección.

CONCLUSIONES

- El rendimiento establecido por operario en el sistema de cosecha mecanizada para el año 2012 por la empresa PALMERAS DE YARIMA S.A es de *2,3 toneladas por operario al día*, este valor corresponde a un 12% mas sobre el mínimo esperado como resultado del análisis de costos (para que el trabajador no se perjudique y el sistema mecanizado sea igual de rentable al tradicional), y a un 27% mas que el rendimiento promedio con el sistema de cosecha tradicional.
- Para el cumplimiento del rendimiento esperado de 2,3 toneladas por operarios al día y los 8 trabajadores asignados para el año 2012 con el sistema de cosecha mecanizada, se deberían asignar 5 cortadores en la cuadrilla y 3 trabajadores entre peperos y racimeros para alcanzar lo planeado.
- La asignación de 5 cortadores en una cuadrilla de 8 personas, podría trasladar el cuello de botella en el proceso de cosecha a los racimeros y peperos que serian insuficientes en el tiempo para recolectar los racimos por lo que el rendimiento no estaría determinado por los cortadores sino por la cosecha recolectada por estos últimos.
- El rendimiento de la cuadrilla con el sistema de cosecha mecanizada depende en gran medida de la habilidad y velocidad de corte de los trabajadores asignados a esta labor, pero de igual forma para determinar la asignación optima de peperos y racimeros se debe recolectar tiempos particulares de cada actividad para entrar a plantear escenarios y lograr optimizar la asignación de actividades.

- Los pronósticos de la producción en una empresa son de vital importancia para prever situaciones futuras y poder generar planes de contingencia frente a las posibles adversidades así como de aprovechar tempranamente las oportunidades, este proceso de modelación, en la cosecha de palma africana, se ve afectado por variables particulares de cada lote como su tamaño, edad de maduración, variedad genética y aleatoriedad. De ahí su complejidad, al considerar todas estas variables para cada uno de los lotes existentes en la plantación para su respectiva predicción.
- La selección del modelo estadístico para la elaboración de un pronóstico debe basarse en primera medida por los factores que considere cada modelo; como tendencia, ciclicidad, estacionalidad y aleatoriedad, posteriormente debe generarse escenarios con cada uno a fin de analizar los residuos y según los parámetros y criterios de quien realiza el estudio considerar o no un respectivo modelo.
- El modelo de regresión lineal con factor estacional se ajustó en un 71% al comportamiento histórico de la producción, así mismo tiene un 8% de variación promedio porcentual de los residuos con respecto al periodo de validación, obteniendo un buen ajuste con respecto a los datos y un margen de error aceptable para el pronóstico.
- Entre mayor sea la producción de un lote, mayor será el margen de rentabilidad que el tractor ofrece respecto al sistema de cosecha con semoviente. Esta rentabilidad se logra debido a que existe una mejor asignación de los recursos y una mejor eficiencia con el sistema de cosecha mecanizada.

RECOMENDACIONES

- Teniendo en cuenta que la variedad genética que está sembrada en mayor proporción con un 37% y con unas edades superior a los 17 años es Eugenias, y que estos lotes están en el mediano plazo para ser replantados, deberían ser sembrados con semillas Cirad y Felda, teniendo en cuenta que estas a la edad que tienen (16 y 8 años respectivamente) en comparación a Eugenias cuando tenía la misma edad, están siendo más productivas.
- El sistema de cosecha mecanizada no cuenta con información sólida, razón por la cual seria de gran apoyo, al momento de consolidar los datos de racimos cortados, especificar el sistema de cosecha utilizada, siendo esta información útil para futuros estudios.
- Aprovechando la información detallada que se encuentra en el Sistema de Información Palmero SIP, seria importante realizar periódicamente análisis estadísticos que brinden resultados valiosos para una objetiva y adecuada toma de decisiones.
- Se deberían realizar estudios previos y pruebas piloto para la adecuada asignación de operarios al sistema de cosecha mecanizada con el fin de establecer rendimientos reales para la empresa y rentables para el trabajador.
- Es importante para una empresa desarrollar campos de investigación de los diferentes procesos involucrados en las labores diarias de la misma a fin de establecer estándares que permitan optimizar tiempos, recursos y costos, generando una ventaja competitiva al estar a la vanguardia en el mercado.

BIBLIOGRAFIA

ENTREVISTA con Miguel Duran, Ingeniero Agrónomo de PALMERAS DE YARIMA S.A. Bucaramanga 03 de Junio de 2011.

ENTREVISTA con la Ing. Martha Patricia Prada Laiton, Especialista en estadística, Bucaramanga Enero del 2012.

ENTREVISTA con el Dr. Gabriel Yáñez Canal, Profesor Titular de la Escuela de matemáticas de la UIS, Bucaramanga Enero del 2012.

PRADA LAITON, Martha Patricia. Especialista en estadística. Apuntes de clase. Bucaramanga 2011.

Centro de Investigación en Palma de Aceite CENIPALMA [En línea] Disponible en: <<http://www.cenipalma.org>>.

Documento AGROCADENAS, La cadena de oleaginosas, grasas y aceites en Colombia, Una mirada global de su estructura y dinámica 1991 – 2005.

Documento CONPES (Consejo Nacional de Política Económica y Social). Estrategia para el desarrollo competitivo del sector palmero colombiano. Bogotá, Colombia. 4 pág. 2007.

Ediciones EL PAIS. Diccionario [En línea] Disponible en: <<http://www.elpais.com/diccionarios/castellano/oleaginoso>> 2011.

Federación Nacional de Cultivadores de Palma Africana FEDEPALMA [En línea] Disponible en: <<http://www.fedepalma.org>>.

INIFAP (instituto nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias). Paquete tecnológico palma africana. Región sur, México. 5 pág. 2011.

IICA (Instituto interamericano de cooperación para la agricultura). Cultivo de la palma africana, Guía técnica [En línea]. Disponible en: < <http://www.galeon.com/subproductospalma/guiapalma.pdf> > pág. 23. 2011.

LOPEZ CAMELO, Andrés F. Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas del campo al mercado. Buenos aires Argentina 2003. ISSN 120-4334. Capítulo 1: cosecha.

MAHIA, Ramos. Profesor Universidad Autónoma de Madrid UAM. Modelos ARIMA Pág. 6. 2012.

MENDENHALL, Willian & James, Reinmuth. (1982). *Estadística para administración y economía*. California: Editorial Wadsworth Internacional/Iberoamericana.

MORILLO MORENO, Marysela Coromoto. Diseño de sistemas de costeo. [En línea] Disponible en:< <http://www.elprisma.com/sistemasdecosteo/>>.

MUNEVAR, Gonzalo (Autor). Colombia, líder en investigación en palma de aceite. En: Carta Ganadera (Bogotá) Vol. 34, No. 06, Jun. 1997. p18, 20. 22-23.

PALMA ACEITERA. Cosecha de la palma controles y transporte. [En línea] Disponible en: <<http://produccionagricolavegetalseccb.blogspot.com/>> 2011.

PEÑA, Daniel (2005). *Análisis de Series Temporales*, Madrid, España. Alianza Editorial S.A.

QUESADA G, 1998. *Cultivo e Industria de la palma aceitera (Elais guineensis)*. pág. 67.

Revista Nacional de Agricultura. La palma de aceite, una oportunidad para Colombia, N° 922-923. Santa Fe de Bogotá, (Jun-Jul. 2011).

SARACHE CASTRO, William Ariel. Proceso de planificación, programación y control de la producción [En línea] Disponible en:<
http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/planificacionproduccion/ >
2012.