

Notas del Director

En toda actividad productiva es importante conocer los pronósticos de producción para prepararse logísticamente, es decir, para suministrar los elementos que sean necesarios a fin de que el pronóstico se pueda cumplir cabalmente. En cultivos es una herramienta que se usa con mucha frecuencia y para ello las metodologías son variadas y han dado origen a diferentes esquemas y posibilidades para su cálculo.

En el caso de palma de aceite, la metodología utilizada con mayor frecuencia es aquella que tiene que ver con el pronóstico de producción utilizando como base el conteo de flores femeninas. También se trata de obtener una estimación más acertada mediante la utilización tanto del contenido de flores femeninas como de los pronósticos climáticos y con esta información se hacen predicciones de la producción futura de tres a seis meses. Existe otra metodología ampliamente usada en otros cultivos como es el diseño de modelos desarrollados a partir del comportamiento de la producción en años previos. Cenipalma ha venido trabajando para suministrar al palmicultor una herramienta que le permita no solamente conocer los pronósticos de producción de su plantación en forma acertada sino a nivel regional y nacional.

En este Geniavances presentamos un modelo de pronóstico de producción utilizando una metodología de análisis de series de tiempo conocido como ARIMA (Modelo Autorregresivo Integrado de Medias Móviles), en el cual se han seleccionado las series de producción registradas por Fedepalma desde 1993 hasta 2002 y con base en ello se han desarrollado los respectivos modelos que permiten en este caso hacer predicciones de producción de fruto o aceite hasta por tres meses con un error del 5%. Esta metodología también puede ser usada para pronósticos de producción de lotes de la misma plantación. Esperamos en un futuro próximo tener adaptado otro sistema de pronósticos de producción donde utilicemos factores climáticos y observaciones fisiológicas del cultivo.

PEDRO LEÓN GÓMEZ CUERVO
Director Ejecutivo

Pronóstico de producción de aceite mediante modelos de series de tiempo*



INTRODUCCIÓN

Es común entre los palmicultores la utilización de metodologías de tipo agronómico para el pronóstico de producción, con el objetivo de planear gastos e ingresos en un periodo de tiempo determinado. En términos generales, este tipo de pronóstico implica el conteo manual del número de inflorescencias femeninas, que multiplicado por un peso promedio de racimo, permite la estimación de la producción con el supuesto de condiciones climáticas, de fertilización y operacionales estables.

Con el ánimo de mejorar esta información, Cenipalma ha venido buscando alternativas que permitan complementar este pronóstico mediante diferentes herramientas de tipo estadístico, que con un alto nivel de significancia y rigurosidad científica, arrojan datos sobre la producción futura de fruto y aceite de palma.

Una de estas herramientas estadísticas son los **modelos de series de tiempo**, que encuentran relaciones de causalidad entre una variable y sus observaciones en tiempos pasados. Esto quiere decir que es suficiente conocer la información de producción de fruto o de aceite de palma para realizar un pronóstico para el período siguiente. Este tipo de modelos se pueden construir para variables agregadas como la producción nacional o para estimar la producción de plantaciones específicas.

Los modelos de series de tiempo cuentan con un cuerpo metodológico destinado a identificar, esti-

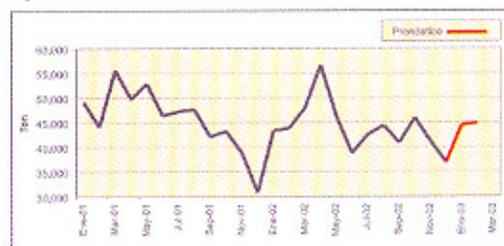
mar y diagnosticar modelos en donde la variable fundamental es el tiempo. Esta metodología libera al investigador de generar relaciones de causalidad, dejando que los datos temporales generen su propia estructura probabilística.

La ventaja de estos modelos radica en el hecho de no necesitar distintas series de datos, ahorrándose la identificación de relaciones entre diferentes variables. El inconveniente es que al renunciar a la utilización

de variables explicativas se deja de lado el componente teórico de las relaciones entre las variables. Sin embargo, los modelos de series de tiempo permiten obtener información del nivel o de la variación de la serie para pronosticar en el corto plazo.

METODOLOGÍA

Figura 1. Producción de aceite 2001 - 2002



Fuente: Fedepalma

Tomando como base la información de producción de aceite crudo de palma mensual entre 1993 y 2002, se aplicó una metodología estadística conocida como ARIMA (Modelo Autorregresivo Integrado de Medias Móviles), la cual permite estimar la relación de la producción de aceite presente, con observaciones de producción anteriores.

Un modelo se define como autorregresivo, cuando la variable endógena, en este caso la producción de aceite, en un momento t del tiempo, se encuentra explicada por observaciones de ella misma en periodos de tiempo anteriores, más una in-

* Mario Enrique Manjarrés Martínez. Economista, estudiante de Maestría en Economía, Universidad Nacional de Colombia.

novación, que representa cambios no esperados en la trayectoria de la serie. Un ejemplo de estos cambios puede ser una drástica variación de la temperatura. Estos modelos se abrevian mediante la sigla AR seguida del orden del modelo. La expresión AR (1) significa que la serie esta explicada por observaciones de un períodos atrás. Ejemplo de un modelo AR (1)

$$Y_t = \Phi_0 + \Phi_1 Y_{t-1} + U_t$$

Donde Y es producción de aceite para un período t, Φ son los coeficientes (la constante y el coeficiente del período anterior) y U_t la innovación.

Un modelo de media móvil es aquel que explica el valor de la producción de aceite en un periodo t, en función de un término independiente y una sucesión de innovaciones ponderadas en períodos anteriores. Este modelo se abrevia con la sigla MA seguida del orden del modelo. Ejemplo de un modelo MA(1):

$$Y_t = \xi + E_t + \phi_1 E_{t-1}$$

Donde Y es la producción de aceite, ξ es el término constante y ϕ el coeficiente respectivo para las innovaciones rezagadas. E determina los errores de pronóstico en períodos anteriores y en el período actual. (En el período actual el valor esperado de E es cero).

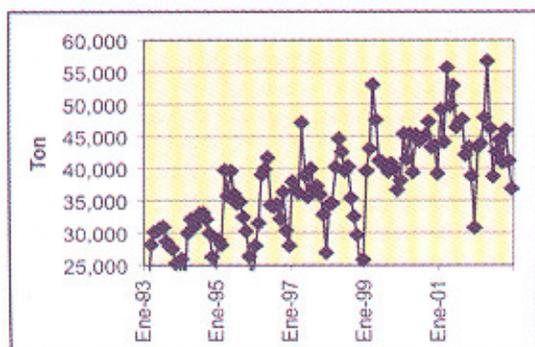
Los procesos que dependen tanto de sus valores anteriores como de los errores rezagados se abrevian como modelos ARMA(p,q), donde p y q representan el grado de rezagos para la producción de aceite y las innovaciones respectivamente. Junto con esto los modelos ARMA tienen constante y término de error contemporáneo. Ejemplo de modelo ARMA (1,1).

$$Y_t = \xi + E_t + \phi_1 E_{t-1} + \Phi_1 Y_{t-1}$$

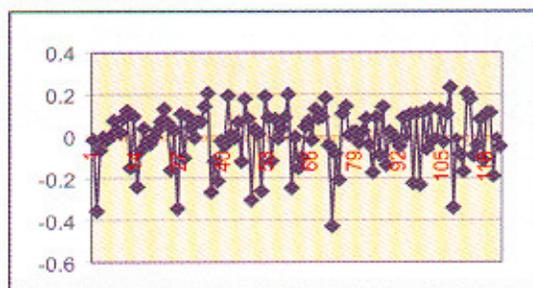
Un requisito esencial para aplicar la metodología de series de tiempo es que el proceso o la variable, en este caso la producción de aceite, tenga un comportamiento estacionario. En otras palabras, que el valor esperado y la variación de la producción de aceite sean constantes para el periodo de tiempo en estudio.

Esto no ocurre en el caso de la producción de aceite crudo de palma (1993-2002), por lo que es necesario aplicar transformaciones a esta serie para que adquiriera estas características. Se aplicó un logaritmo natural y una diferenciación para que la serie adquiriera estas características.

Figura 2. A. Producción de aceite sin transformar



B. Producción de aceite transformada

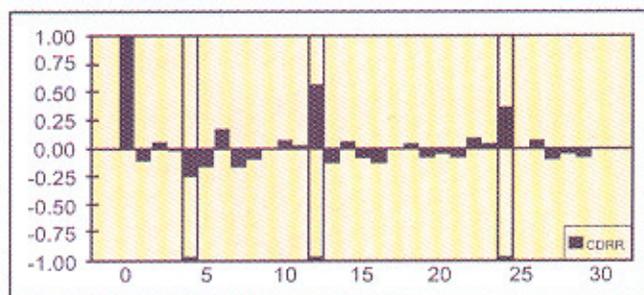


La figura 2 permite apreciar que cuando la serie de producción es transformada adquiere características estacionarias.

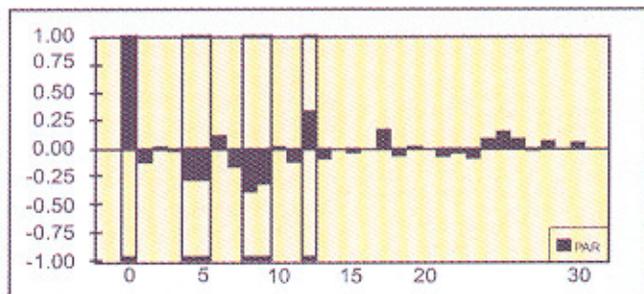
Posteriormente a la transformación, se determinan las correlaciones existentes entre la producción de aceite en el período t y períodos anteriores (t-1, t-2,...t-n). Esto se conoce como la función de auto correlación (ACF).

Paralelamente se construye la función de auto correlación parcial (PACF) que es la que indica la relación existente entre la producción de aceite actual y las innovaciones.

Figura 3. A. Función de Auto correlación



B. Función de Auto Correlación Parcial



En la figura 3 se observan las gráficas de las funciones ACF y PACF. En el eje vertical se relacionan los valores de los coeficientes de correlación que van de -1 a 1. En el eje horizontal se describen los periodos de rezago de la serie. Es claro que en el período cero, la correlación de la serie con sus valores pasados sea 1, ya que en este punto la serie se está comparando con ella misma. Por esta razón en las gráficas se resalta una correlación de 1 en el período cero.

La parte A de la figura 3 (ACF), muestra una correlación significativa de los valores actuales de la serie con valores 5, 12 y 24 períodos atrás. Especialmente, la correlación con los periodos 12 y 24 indica que los valores presentes de la producción dependen de valores ocurridos en el mismo mes, pero de uno y dos años atrás respectivamente.

te. En la parte B de la figura 3, se destacan los rezagos con los periodos 4, 5, 8, 9 y 12 lo que revela la incidencia de las innovaciones de dichos periodos con la producción.

Existe una forma estándar para determinar el grado auto regresivo y de media móvil de las series:

Tabla 1. Patrones para determinar el modelo

	Función de Auto correlación	Función de Auto correlación
MA (q)	Llega hasta q	Decrece hasta llegar a anularse
AR (p)	Decrece hasta llegar a anularse	Llega hasta p
ARMA (p,q)	Decrece hasta llegar a anularse	Decrece hasta llegar a anularse

Estacionalidad del modelo

Es sabido que no en todos los meses la producción de aceite tiene el mismo comportamiento. Existen meses en el mismo año que conforman ciclos de mayor y menor producción. Entre los meses de marzo, abril y mayo se presenta, generalmente, una producción superior respecto a los otros periodos del año. De igual manera en los meses de octubre, noviembre y diciembre se presenta la menor producción relativa. Es por eso que en el modelo construido para la producción de aceite de palma se incluyeron dos variables estacionales significativas. Una para el componente auto regresivo y otra para el componente de media móvil, que relacionan la producción actual con la causada en el mismo mes de años anteriores.

Estimación del modelo

Luego de comparar la función de auto correlación y la función de auto correlación parcial con los patrones antes descritos, se estimaron diferentes modelos y bajo criterios de normalidad y no correlación de los errores se escogió el más adecuado para el pronóstico de producción.

Tabla 2. Coeficientes del modelo estimado

Componente del modelo	Coefficiente
AR 4	-0.3980
AR 5	-0.2084
SAR 12	0.9660
MA 1	-0.3241
MA 11	0.2756
SMA 12	-0.7848

El modelo indica que la producción actual de aceite está influenciada por la producción de cuatro y cinco meses atrás, junto con las innovaciones realizadas 1 y 11 meses atrás. Los términos SAR y SMA, indican la incidencia estacional que tiene el modelo.

Pronóstico de producción

Dados los coeficientes anteriores se realizó un pronóstico de producción de aceite para los primeros tres meses de 2003.

Tabla 3. Pronóstico de producción. Tres primeros meses de 2003

MES	Producción de Aceite Crudo Ton
Enero	46.562
Febrero	47.919
Marzo	56.148

Aplicación de la metodología por zonas

De igual manera se aplicó la metodología para la producción de aceite de cada una de las zonas palmeras. Cabe aclarar que la suma de los pronósticos zonales no es exactamente la producción total pronosticada. Esto se debe a que para cada zona se calculó un modelo específico con coeficientes diferentes. A continuación se presentan los coeficientes y el pronóstico por zona.

Tabla 4. Pronóstico de producción Zona Norte

Componentes auto regresivos y de media móvil	Coefficientes	Mes 2003	Pronóstico de producción de aceite - Ton
AR 1	-0.598	Marzo	11869.4
AR 3	0.169	Abril	13141.8
AR 5	-0.217	Mayo	13145.42
SAR 12	0.973		
MA 1	0.370		
MA 24	-0.370		
SMA 12	-0.829		

Tabla 5. Pronóstico de producción Zona Central

Componentes auto regresivos y de media móvil	Coefficientes	Mes 2003	Pronóstico de producción de aceite - Ton
SAR 12	0.967	Marzo	14980.02
MA 1	-0.168	Abril	14186.9
MA 12	-0.709	Mayo	12913.15
MA 14	-0.168		

Tabla 6. Pronóstico de producción Zona Oriental

Componentes auto regresivos y de media móvil	Coefficientes	Mes 2003	Pronóstico de producción de aceite - Ton
AR 17	0.445	Marzo	20559.7
SAR 12	0.890	Abril	18577.4
MA 4	-0.218	Mayo	13945.6
MA 11	0.221		
MA 13	-0.610		
SMA 12	-0.562		

Tabla 7. Pronóstico de producción Zona Occidental

Componentes auto regresivos y de media móvil	Coefficientes	Mes 2003	Pronóstico de producción de aceite - Ton
AR 1	0.231	Marzo	6434.6
AR 9	-0.246	Abril	7396.5
SAR 12	0.457	Mayo	7107.4
MA 1	-0.692		
MA 9	0.362		
SMA 16	-0.214		

Conclusiones

La metodología demostró ajustarse de manera adecuada para describir el comportamiento de la serie transformada de producción de aceite de palma. Por lo tanto su pronóstico es estadísticamente aceptable y puede contribuir de manera eficiente a suministrar información de producción futura que es muy útil para cualquier tipo de negocio.

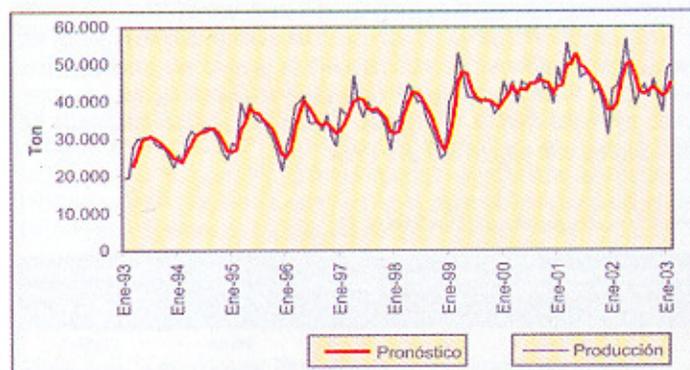


Figura 4. Producción de aceite de palma. Nacional

Cabe aclarar que en los pronósticos presentados por zona, la información de producción utilizada terminó en el mes de enero. A medida que el pronóstico se aleja del último dato real, aumenta el error de pronóstico.

La metodología también se puede aplicar a la producción de una empresa en particular y utilizando otro tipo de información como producción de fruto y tasa de extracción de aceite.

Aunque el modelo como tal no tiene ninguna interpretación agronómica ni económica, si permite inferir la influencia del ciclo de producción sobre la cantidad de aceite actual. En este sentido se destacan los coeficientes positivos de los componentes SAR y SMA del modelo, que resultaron los más influyentes.

El coeficiente SAR está indicando la influencia de los ciclos de producción observado a través del año y el coeficiente SMA muestra la incidencia de factores externos como las variables climáticas. En la terminología del documento se denominaron innovaciones.

Con el tiempo se espera implementar en CENIPALMA sistemas de información que permitan la construcción de modelos estadísticos utilizando series de tiempo junto con variables externas como las climáticas, en donde se pueda determinar significativamente el efecto de ellas sobre la producción.

Bibliografía

ENDERS, W. (1995). Applied Econometric Times Series. John Wiley & Sons, Inc. United Estates.

AZNAR, A. Y TREVEZ, F.J. (1993). Métodos de predicción en economía II. Análisis de series temporales. Editorial Ariel economía, Barcelona 1993.

PULIDO, A. Y PÉREZ GARCÍA, J. (2001). Modelos econométricos. Editorial Pirámide, Madrid 2001.

Ceninotas*

Influencia del clima en el pronóstico de producción de aceite

Cenipalma, busca dar una respuesta científica a cualquier evento que altere el comportamiento de la producción de aceite. En este contexto se quiere dar explicación a las variaciones de producción con base en el comportamiento climático.

Este trabajo persigue los siguientes objetivos: comprobar la hipótesis inicial de correlación negativa entre producción y temperatura; determinar el efecto de variables como pluviosidad y humedad relativa sobre la producción; abstraer los efectos de variables exógenas sobre la producción, para predecirla con intervalos de confianza de más de 90%; y mantener una base de datos y una metodología preestablecida de producción y variables meteorológicas para darle continuidad al análisis.

La metodología a seguir será:

- Se escogerá una muestra de empresas representativas por cada zona palmera y se tomará información de producción de fruto, número de hectáreas, edades de las siembras y variables meteorológicas.
- Se construirán los coeficientes de correlación entre la producción y las variables exógenas con su respectiva significancia. En este punto se rezagarán las variables exógenas en unos periodos determinados de acuerdo con eventos biológicos de la palma.
- Se compararán resultados entre empresas de la misma zona y entre diferentes zonas.
- Se construirán modelos de series de tiempo y de corte transversal para predecir la producción futura.
- Se replicará el ejercicio utilizando como variable endógena la TEA.

Periódicamente en la página web de Cenipalma, se publicará la medición del impacto del clima sobre la producción, junto con el pronóstico de producción. Además se contará con enlace al pronóstico del clima realizado por el IDEAM.

*Rodrigo Ruiz Romero; Mario Enrique Manjarrés Martínez; Martha Ligia Guevara Quintero. Cenipalma

Director: Pedro León Gómez Cuervo
 Coordinación Editorial: Oficina de Prensa de Fedepalma
 Diseño y Diagramación: Briceño Gráfico
 Impresión: Molher Ltda. Impresores

Esta publicación contó con el apoyo del Fondo de Fomento Palmero.