

ANALISIS ESTADÍSTICO DE LA PRODUCCIÓN DE CACAO EN EL ECUADOR

Karen Paola Loyola Mayorga ¹, John Alex Ramírez Figueroa ²

- 1 Ingeniero en Estadística Informática, 2001.
2. Director de Tesis, Matemático. Escuela Politécnica Nacional, Quito 1996. Profesor de ESPOL desde 1995.

Resumen

El presente estudio es un análisis estadístico de la producción y comercialización del cacao en el Ecuador. Nuestro país es conocido como productor y comercializador de cacao fino de aroma, por lo cual intervienen variables agrícolas y económicas.

Se expone un resumen de la Fase Agrícola, Producción y comercialización del cacao en el Ecuador y cuales son las variables agrícolas y económicas más importantes que intervienen.

Por medio del análisis multivariado se observan las diferentes relaciones entre las variables y agrupaciones y por último se detectan estacionalidades y tendencias, de este producto a través de series temporales.

INTRODUCCION

El cultivo, producción, comercialización, industrialización y exportación del cacao sobre todo del cacao fino y de aroma constituyen un sector relevante de la economía de nuestro país, en el mercado mundial ocupamos el sexto puesto.

Las variables agrícolas, y las variables de exportaciones del cacao en grano y derivados tienen como fuente el Proyecto de Servicio e Información Agropecuario y Anecacao respectivamente. Como variables económicas están el PIB ya que a partir del año 90 el cacao ha constituido aproximadamente el 4.6 % del PIB agrícola y el 0.6 % del PIB total y la variable índice de precios al consumidor urbano.

CONTENIDO

A continuación se detallan las variables de estudio, cuyo período de referencia es del año 70 hasta el año 99. Para las proyecciones de series temporales de las exportaciones se consideró el año 2000.

1. Superficie Sembrada.- Las cuales comprenden tierras ocupadas por semillas o plantas destinadas a la producción agrícola del cacao en el período de referencia, la cual se encuentra medida en hectáreas.

- 2. Superficie Cosechada.-** Son aquellas que luego de ser sembradas o plantadas han sido cosechadas generando producción agrícola dentro del período de referencia. Esta área puede ser igual o menor que el área sembrada. Se encuentra medida en hectáreas.
- 3. Producción.-** La producción agrícola es la cantidad total del producto primario en este caso el cacao, obtenida del cultivo en el período de referencia. Se encuentra en toneladas métricas.
- 4. - Rendimiento.-** El rendimiento por hectárea es la cantidad del producto expresada en toneladas métricas dividida para el número de hectáreas que la produjeron.
- 5. -Cosecha.-** Se encuentra expresada en toneladas métricas, y se refiere a la cantidad de cacao que ha sido cosechado.
- 6. -Moliendas.-** Es la cantidad de cacao destinado al proceso de industrialización, sus unidades son toneladas métricas
- 7.-Exportaciones.-** Son las ventas de cacao en forma mensual, cuyo certificado de calidad es emitido por ANECACAO .Las exportaciones son las referentes a cacao en grano, e industrializado tales como manteca de cacao, cacao en polvo, chocolate ,y pasta.Sus unidades están expresadas en TM.
- 8.-Precios internacionales** .Los cuales son los cotizados en la Bolsa de Nueva York por la Organización Internacional del Cacao (ICCO), está dado en \$ por Tm.
- 9.-Precios en grano al productor .-** Son precios ficticios en el mercado nacional, con los cuales negocia el productor o agricultor, sus unidades son sucres por quintal.
- 10.-PIB.-** Refleja el valor de los bienes y servicios de uso final generados por los agentes económicos durante un período, está dado en millones de dólares.Tiene como fuente el Banco Central del Ecuador.
- 11.-Indice de Precios al Consumidor Urbano.-** Es un indicador económico coyuntural que mide la evolución temporal de los precios correspondientes al conjunto de bienes y servicios. Tiene como fuente el INEC

Estadística Descriptiva

La superficie sembrada de cacao en el período del año 70 hasta el año 99 no ha variado significativamente, en base a las encuestas realizadas por el Sistema Estadístico Agropecuario Nacional, la menor superficie sembrada tuvo lugar en el año 1973 con 213106 hás y la mayor en el año 1996 con 350000 hás.

La superficie cosechada guarda mucha similaridad con la superficie sembrada, el menor año con superficie cosechada fue el año 1973 con 213110 hás y el mayor año con superficie cosechada fue el año 1995 con 349370 hás.

La producción fue mínima en el año de 1998 en el cual se produjo 35006 Tm debido a los efectos devastadores ocasionados por el fenómeno del niño, siendo la media de los

años de referencia de 78019.53 Tm y la máxima producción tuvo lugar en el año 1970 con 130770 Tm.

El mayor rendimiento en el período de estudio tuvo lugar en el año 1985 con 0.45 Tm/hás, y en el año 97 la producción sufrió una crisis determinada por el exceso de lluvias que afectó a las plantaciones en los ciclos de floración, incluso estas fueron atacadas por la escoba de bruja y la plaga de monilla, el rendimiento descendió a 0.12 Tm /hás.

Análisis de Componentes Principales

Con el objetivo de medir las variables que influyen en la producción cacaotera en el Ecuador durante el período de referencia del año 70 hasta el 99 el análisis estadístico multivariado es el más adecuado este permitirá extraer la máxima información posible del conjunto de datos y expresarlo en un número reducido de combinaciones lineales, para las cuales la varianza no explicada fuera mínima y estudiar la relación lineal entre las variables que influyen en la producción cacaotera, a continuación se realizará un estudio de sus correlaciones y entre las técnicas multivariadas el método por componentes principales.

| Tabla I | | |
|---------------------------------------|----------|-----------------|
| <i>Nómina de variables de interés</i> | | |
| variables | | unidades |
| superficie sembrada | X_1 | hectáreas |
| superficie cosechada | X_2 | hectáreas |
| producción | X_3 | Tm |
| moliendas | X_4 | Tm |
| cosecha | X_5 | Tm |
| precios | X_6 | \$ por Tm |
| Producto Interno Bruto | X_7 | millones de \$ |
| Exportaciones de Grano | X_8 | TM |
| Exportaciones de Manteca | X_9 | TM |
| Exportaciones de Polvo | X_{10} | TM |
| Exportaciones de Pasta | X_{11} | TM |
| Exportaciones de Chocolate | X_{12} | TM |

Fuente: Anecacao

Debido a que las variables se encuentran en distintas unidades es recomendable estandarizar los datos originales a fin de homogeneizar las magnitudes para un mejor estudio de los componentes principales.

A partir de la matriz de correlación se tiene. Ver figura 1.1

| | cosecha | exp chocolate | xp cacao grano | exp manteca | xp polvo | molientas | xp pasta | PIB | precios int | produccion | sup sembrada | sup cosechada |
|----------------|---------|---------------|----------------|-------------|----------|-----------|----------|-------|-------------|------------|--------------|---------------|
| cosecha | 1.000 | -.319 | .584 | .505 | .356 | .583 | .492 | .239 | .124 | .881 | .546 | .439 |
| exp chocolate | -.319 | 1.000 | -.301 | -.227 | .239 | -.079 | -.235 | .109 | .163 | -.224 | -.057 | -.103 |
| xp cacao grano | .584 | -.301 | 1.000 | .315 | -.017 | -.278 | -.354 | .064 | -.531 | .672 | .367 | .292 |
| exp manteca | .505 | -.227 | .315 | 1.000 | .524 | .316 | .218 | .620 | -.110 | .398 | .666 | .609 |
| xp polvo | .356 | .239 | -.017 | .524 | 1.000 | .450 | .259 | .321 | .030 | .354 | .483 | .446 |
| molientas | .583 | -.079 | -.278 | .316 | .450 | 1.000 | .934 | .348 | .689 | .439 | .321 | .310 |
| xp pasta | .492 | -.235 | -.354 | .218 | .259 | .934 | 1.000 | .212 | .746 | .281 | .217 | .203 |
| PIB | .239 | .109 | .064 | .620 | .321 | .348 | .212 | 1.000 | .107 | .248 | .726 | .775 |
| precios int | .124 | .163 | -.531 | -.110 | .030 | .689 | .746 | .107 | 1.000 | -.007 | -.012 | -.028 |
| produccion | .881 | -.224 | .672 | .398 | .354 | .439 | .281 | .248 | -.007 | 1.000 | .467 | .390 |
| sup sembrada | .546 | -.057 | .367 | .666 | .483 | .321 | .217 | .726 | -.012 | .467 | 1.000 | .962 |
| sup cosechada | .439 | -.103 | .292 | .609 | .446 | .310 | .203 | .775 | -.028 | .390 | .962 | 1.000 |

Inspeccionando la matriz de correlación se observa la relación lineal entre las variables, la mayor correlación positiva o directa la tiene superficie sembrada y superficie cosechada con un coeficiente de 0.96, esto se debe a su poca diferencia de magnitudes entre sus unidades, la cosecha y la producción también tienen una fuerte relación lineal positiva con un coeficiente de 0.88, es decir que al aumentar la producción obviamente aumenta la cosecha y viceversa.

Las correlaciones inversas tienen coeficientes bajos como se pudo deducir a partir de la matriz de varianzas y covarianzas su relación es neutra las exportaciones de chocolate que están expresadas en Tm son mínimas en comparación con las exportaciones de los otros productos elaborados y del cacao en grano.

Cosecha y exportaciones de grano tiene una correlación débilmente positiva con un coeficiente de 0.584 es decir que al aumentar la cosecha obviamente aumentará la producción de cacao en grano y viceversa. La variable producción tiene una relación positiva con exportaciones de cacao en grano con un coeficiente de 0.672, esto se debe a que las mayores exportaciones son las de cacao en grano y por ende la mayor parte de la cosecha y la producción está destinada a esta, los países importadores se encargan de su proceso industrial.

Se observa también una correlación débilmente positiva entre precios y molientas con un coeficiente de 0.69; y cosechas con molientas tienen un coeficiente de 0.58, la producción y la cosecha se puede inferir que está destinada en mayor cantidad a las exportaciones de grano, siguiéndole la manteca, polvo, pasta y chocolate.

A partir de la matriz de correlación R se generarán los valores propios correspondientes y su proporción de varianza total explicada.

| Tabla II | | | |
|--|--------------|---------------------------|----------------------|
| Datos estandarizados: proporción de la varianza explicada | | | |
| componente | valor propio | porcentaje de explicación | porcentaje acumulado |
| 1 | 4.90 | 40.81 | 40.81 |
| 2 | 2.74 | 22.83 | 63.64 |
| 3 | 1.79 | 14.89 | 78.53 |
| 4 | 1.01 | 8.43 | 86.96 |

FUENTE: ANECACAO

La suma de los 4 componentes alcanza el 86.96% de la variabilidad total explicada. Los vectores propios u ortogonales asociados a los 4 componentes, son la combinación lineal entre las 12 variables de entrada y el vector ortogonal asociado a la matriz R. Además, los coeficientes de cada variable indican el grado de influencia de la variable en la componente principal.

Los componentes principales quedan expresados de la siguiente manera

$$Y_1 = 0.38 X_1 + 0.37 X_2 + 0.33 X_3 + 0.30 X_4 + 0.37 X_5 + 0.08 X_6 + 0.31 X_7 + 0.16 X_8 + 0.34 X_9 + 0.27 X_{10} + 0.24 X_{11} - 0.09 X_{12}$$

$$Y_2 = 0.14 X_1 + 0.13 X_2 + 0.14 X_3 - 0.42 X_4 + 0.05 X_5 - 0.53 X_6 + 0.01 X_7 + 0.49 X_8 + 0.13 X_9 - 0.06 X_{10} - 0.46 X_{11} - 0.12 X_{12}$$

$$Y_3 = 0.24 X_1 + 0.29 X_2 - 0.35 X_3 - 0.13 X_4 - 0.38 X_5 - 0.05 X_6 + 0.41 X_7 - 0.28 X_8 + 0.14 X_9 + 0.24 X_{10} - 0.21 X_{11} + 0.46 X_{12}$$

$$Y_4 = -0.12 X_1 - 0.23 X_2 + 0.33 X_3 + 0.06 X_4 + 0.19 X_5 - 0.02 X_6 - 0.25 X_7 + 0.13 X_8 - 0.15 X_9 + 0.50 X_{10} - 0.14 X_{11} + 0.64 X_{12}$$

Existen variables que tienen alta correlación simultáneamente en algunas componentes. Para facilitar la interpretación se realiza lo que se denomina rotaciones de factores, que consiste en redistribuir la varianza explicada por cada factor. Para llevar a cabo este propósito se utiliza el método de **VARIMAX**, que consiste en minimizar el número de variables que tienen alta carga en un factor con lo cual simplificaríamos la información.

En la siguiente tabla se observa la matriz de carga que representa la correlación de cada variable con cada componente.

TABLA III Matriz de Carga

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| cosecha | 0.28145638 | 0.29846443 | 0.88155085 | -0.10031009 |
| exp chocolate | -0.06667065 | -0.05311654 | -0.27203344 | 0.8902359 |
| exp grano | 0.16976884 | -0.54961209 | 0.74920473 | -0.20534969 |
| exp manteca | 0.75614592 | 0.04178699 | 0.32335657 | -0.03753109 |
| exp pasta | 0.14873162 | 0.9488482 | 0.17179188 | -0.13269064 |
| exp polvo | 0.43142796 | 0.20408009 | 0.32872648 | 0.61945888 |
| moliendas | 0.24692087 | 0.90199497 | 0.29064574 | 0.08494371 |
| PIB | 0.888604 | 0.13084566 | -0.05181184 | 0.09625275 |
| precios | -0.06693446 | 0.88390132 | -0.14412695 | 0.09229715 |
| producción | 0.21697915 | 0.12086695 | 0.92166156 | 0.0151693 |
| sup sembrada | 0.89407427 | 0.03816583 | 0.30273317 | 0.06037651 |
| sup cosechada | 0.92620656 | 0.03670102 | 0.18798802 | 0.00150482 |

Primer Factor

El primer factor tiene mayor correlación con las variables superficie sembrada, superficie cosechada. Podemos llamar a este factor “**Superficie Agrícola destinada al cacao**”.

Segundo Factor

Este factor tiene mayor correlación con la variable moliendas con un coeficiente de 0.90 y un contraste con exportaciones de grano con un coeficiente de -0.55 por lo cual este factor se llamará “**Producción semielaborada de cacao**”.

Tercer Factor

Este factor tiene una fuerte correlación con la variable producción con un coeficiente de 0.92, cosecha con 0.88 y exportaciones de grano con 0.75, por lo cual se llamará “**Nivel de producción destinada a las exportaciones de cacao en grano**”.

Cuarto Factor

Tiene un alto coeficiente positivo de 0.89 para las exportaciones de chocolate y un coeficiente de 0.62 para las exportaciones de polvo, las demás variables tienen una

contribución insignificante para el factor por lo cual este recibirá el nombre: *“Exportaciones de Chocolate”*.

En el segundo estudio expuesto en la tesis en las cuales se incluyó a la variable IPCU y rendimiento se llegaron a similares conclusiones y por medio la matriz de carga que explica la correlación de cada componente con cada factor se pudo concluir.

Primer Factor

El primer factor tiene una fuerte correlación con la variable Producto Interno Bruto con un coeficiente de 0.88, superficie sembrada con 0.84 y 0.62 para IPCU por lo cual se lo puede interpretar como **“Participación del cacao en el sector económico del país.”**

Segundo Factor

Este por ser perpendicular al primero contiene información que no recoge el primer factor. Este factor tiene mayor correlación con la variable precios internacionales y exportaciones de cacao en grano por lo cual se lo puede llamar **“Precios del cacao en base a las exportaciones”**

Tercer Factor

Este factor está explicado por la variable rendimiento con un coeficiente de 0.86 , exportaciones de cacao en grano con un coeficiente de 0.72 y cosecha con un coeficiente de 0.83, se llamará **“rendimiento de la cosecha”**.

Cuarto Factor

Este factor tiene la mayor correlación positiva con la variable exportaciones de chocolate las demás tienen una contribución insignificante .

ANALISIS MEDIANTE SERIES DE TIEMPO

Por medio de los métodos de pronóstico ARIMA se seleccionan los siguientes modelos.

Para la variable exportaciones de cacao en grano, el modelo ARMA(1,1) pasa la prueba t de student, y la prueba de los residuos y sus predicciones para los 12 meses consecutivos del año 2001 son:

TABLA IV PREDICCIONES

| Inferior | Predicción | Superior |
|-----------------|-------------------|-----------------|
| 3058.5 | 5728.46 | 8398.42 |
| 978.455 | 4966.64 | 8954.82 |
| 184.32 | 4525.63 | 8866.93 |
| -183.058 | 4270.32 | 8723.71 |
| -367.784 | 4122.53 | 8612.85 |
| -465.649 | 4036.98 | 8539.6 |
| -519.295 | 3987.45 | 8494.19 |
| -549.345 | 3958.78 | 8466.9 |

| | | |
|----------|---------|---------|
| -566.405 | 3942.18 | 8450.76 |
| -576.168 | 3932.57 | 8441.31 |
| -581.782 | 3927.01 | 8435.8 |
| -585.02 | 3923.79 | 8432.6 |

Para la variable exportaciones de cacao industrializado el modelo ARIMA(1,1,0) muestra evidencia significativa y pasa la prueba t de student. Las predicciones son:

TABLA V PREDICCIONES

| Límite inferior | Predicción | Límite Superior |
|-----------------|------------|-----------------|
| 1124.86 | 2201.03 | 3277.19 |
| 714.718 | 1965.06 | 3215.41 |
| 568.316 | 2061.45 | 3554.58 |
| 354.388 | 2022.08 | 3689.77 |
| 200.135 | 2038.16 | 3876.18 |
| 42.4405 | 2031.59 | 4020.74 |
| -97.0942 | 2034.27 | 4165.64 |
| -230.805 | 2033.18 | 4297.16 |
| -355.89 | 2033.62 | 4423.14 |
| -475.228 | 2033.44 | 4542.11 |
| -588.94 | 2033.52 | 4655.97 |
| -698.006 | 2033.49 | 4764.98 |

Para la variable Precios Internacionales, es seleccionado el modelo ARIMA(3,1,0)

TABLA VI PREDICCIONES

| Límite inferior | predicción | límite superior |
|-----------------|------------|-----------------|
| 624.41 | 737.85 | 851.289 |
| 535.967 | 702.592 | 869.217 |
| 495.627 | 703.836 | 912.045 |
| 436.012 | 706.55 | 977.088 |
| 367.046 | 692.012 | 1016.98 |
| 318.693 | 691.481 | 1064.27 |
| 267.794 | 692.302 | 1116.81 |
| 213.661 | 686.264 | 1158.87 |
| 168.617 | 685.599 | 1202.58 |
| 124.583 | 685.779 | 1246.97 |
| 80.1132 | 683.251 | 1286.39 |
| 40.0447 | 682.784 | 1325.52 |

Por medio del método de Promedios móviles de 2 y 3 años $Ma(2)$ y $Ma(3)$ se obtuvieron las siguientes tendencias:

superficie sembrada

TABLA VII PREDICCIONES

| años | sup sembrada | MA(2) | MA(3) |
|------|--------------|---------------|------------------|
| 1999 | 263000 | 300660 | 317106.66 |
| 2000 | | 261500 | 288106 |
| 2001 | | 393000 | 375773.33 |

El MA(2) tiene mayor poder predictivo, es seleccionado como mejor modelo

rendimiento

TABLA VIII PREDICCIONES

| años | rendimiento | MA(2) | MA(3) |
|------|-------------|-------------|--------------|
| 1999 | 0.27 | 0.185 | 0.21 |
| 2000 | | 0.19 | 0.21 |
| 2001 | | 0.33 | 0.303 |

El Ma(3) es considerado como mejor modelo ya sus estadísticos son menores.

cosecha

TABLA IX PREDICCIONES

| años | cosecha | MA(2) | MA(3) |
|------|---------|-------|-----------|
| 1999 | 75000 | 66500 | 78666.6 |
| 2000 | | 52500 | 69333.33 |
| 2001 | | 63750 | 72166.665 |

El Ma(3) tiene menor error cuadrático es seleccionado como mejor modelo

moliendas

TABLA X PREDICCIONES

| años | moliendas | MA(2) | MA(3) |
|------|-----------|--------------|----------------|
| 1999 | 40000 | 36000 | 37333 |
| 2000 | | 33500 | 37333.3 |
| 2001 | | 53500 | 76000 |

Los estadísticos del Ma(3) son menores es seleccionado como mejor modelo.

CONCLUSIONES

Para proyectar La superficie sembrada, cosechada, producción y rendimiento se utilizó la técnica de suavizamiento de promedios móviles de 2 y de 3 años.

Las variables de estudio mostraban las siguientes tendencias .Para la variable superficie sembrada la tendencia del MA(2) es de 263000 hás para el año 2000 y 393000 hás para el año 2001.

La variable rendimiento(Tm/hás) muestra una tendencia a través del método de promedios móviles de orden 3 de 0.30 para el año 2001 es decir un poco más alta que en el año 1999 y el año 2000.

La variable cosecha tiene una tendencia de 69333 Tm para el año 2001, mientras que la variable moliendas tiene una tendencia de 53500 Tm.

Por medio de los modelos ARIMA se obtuvieron las proyecciones para los 12 meses consecutivos del año 2001, las exportaciones de cacao en grano presentan una tendencia de 51322.34 Tm es decir mantendrían un comportamiento similar con el año 2000 en el cual las exportaciones fueron de 50957 Tm. Las exportaciones de cacao industrializado tienen un comportamiento parecido al año 1999 ya que su tendencia es

de 24520.89 Tm para el 2001, en el año 1999 fue 24237 Tm y en el año 2000 se tuvo 28800 Tm. El promedio total de Los precios internacionales en el año 2000 fue de 797.41 \$ por Tm, en el año 99 fue 1137.62, para el 2001 la tendencia es de 695.85 \$ por Tm.

Por medio de el análisis por componente principales se simplificó el número de variables a variables ficticias denominadas factores las cuales tienen mínima varianza.

BIBLIOGRAFIA

1. Manual del Cultivo del cacao en el Ecuador. INIAP 1995.
2. ROMERO GONZALO. Proyección de Precios y Mercados para la comercialización del cacao ecuatoriano. Memorias de la I Exposición y Congreso Internacional de Agricultura Guayaquil- Ecuador 1997.
3. Etourneau Félicie 1999. Estudio de la cadena del cacao en el Ecuador y Análisis de Costo. Informe de Proyecto Cacao.
4. PROYECTO ECU-B7-3010/93/176 1997. Principales Características de los Sistemas de Producción de Cacao en la Zona de alcance del Proyecto. Encuestas.
5. SICA.GOV.EC. Página web del Ministerio de Agricultura del Ecuador.
6. Johnson A Richard & Wichern W Dean. Applied Multivariate Statistical Analysis. J Prentice Hall, Cuarta Edición 1998.
7. Pla. Laura. Análisis Multivariado: Método de Componentes Principales, 1986.
8. Gourieroux Christian. Monfort Alain. Cours de Series Temporelles, 1983. Capítulo dos, Capítulo seis.

