



T
519535
LOP

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

INSTITUTO DE CIENCIAS MATEMATICAS

**“Análisis Estadístico de la Producción de
Café en el Ecuador”**

Tesis de Grado

**Previa a la Obtención del Título de:
INGENIERA EN ESTADISTICA INFORMATICA**

**Presentada por:
LEILI GENOVEVA LOPEZDOMINGUEZ RIVAS**

Guayaquil - Ecuador

2000 - 2001



D-22854

AGRADECIMIENTO

Agradezco a DIOS.

*A Brenda, Fabiola, Sol David, Dixie, Xavier y
Andrés, por ser la alegría de mi vida; a mi tía Alida;
a mi familia toda; y, a mis dos incondicionales amigas:
Priscila y Marjorie, por nunca haberme dejado sola y
por su eterna amistad.*

*A Gaudencio Zurita por ser mi amigo y guía en mi
carrera universitaria.*

DEDICATORIA



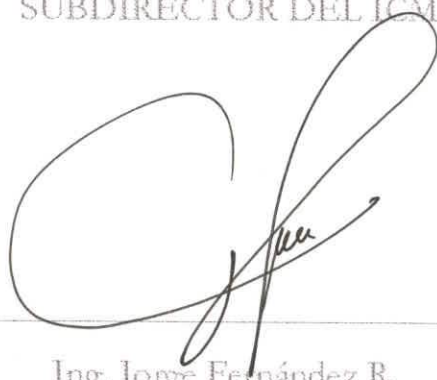
A mi Papi y a mi Mami, por haberme entregado su vida.

A mi Madre, mi abuelita.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Pablo Alvarez

SUBDIRECTOR DEL ICM

A large, stylized handwritten signature in black ink, featuring a large loop and a cross-like structure.

Ing. Jorge Fernández R.

VOCAL

Ing. Gaudencio Zurita H.

DIRECTOR DE TESIS

Dra. Gloria Bajaan J.

VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.

(Reglamento de Graduación, ESPOI.)

RESUMEN

En este estudio presentamos un análisis estadístico de diez variables cuantitativas de tipo agrícola y económico relacionadas con la producción de café en el Ecuador. En forma preliminar, se hace una referencia de como se ha venido desarrollando la actividad cafetalera en nuestro país y en el ámbito mundial. Una vez definidas las variables que se van a analizar, se emplearon técnicas estadísticas descriptivas con las cuales se describió la naturaleza de los datos; y, a través de técnicas de bondad de ajuste se obtuvo información acerca de la distribución de las variables. En el análisis de correlación, se identificaron los pares de variables con fuerte relación de linealidad; además, mediante el análisis de componentes principales se logró reducir la cantidad de variables originalmente observadas, sin sacrificar información valiosa. Se estimaron valores en el tiempo de aquellas variables, que a través del análisis multivariado, se comprobó que aportan con mayor información; y, cuyas estimaciones se las obtuvieron por medio del ajuste a un modelo temporal.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN	II
ÍNDICE GENERAL	III
ÍNDICE DE TABLAS	IV
ÍNDICE DE GRÁFICOS	V
ABREVIATURAS	VI
INTRODUCCIÓN	VII

I. EL CAFÉ A TRAVÉS DEL TIEMPO	1
1.1. Origen y propagación del café en el Ecuador.	1
1.1.1. Origen y propagación.	1
1.1.2. Áreas naturales y especies en el mundo.	2
1.1.3. Estructura del mercado mundial.	5
✓1.1.4. Comportamiento de la oferta y demanda en el mercado internacional.	8
1.2. El café en el Ecuador: especies y variedades.	12
1.2.1. Especies y variedades.	12
1.2.2. Factores que inciden en el cultivo del café en el Ecuador.	14
1.2.2.1. Clima.	14
1.2.2.2. Edad de los cafetos.	17
1.2.2.3. Enemigos del cafeto.	18
1.2.3. Cultivo del café.	19
1.2.3.1. El problema transgénico del café.	25

1.3. Desarrollo y producción del café en el Ecuador.	26
1.3.1. El café en el Ecuador.	26
1.3.2. Primer censo cafetero en el Ecuador.	30
1.3.3. Organismos relacionados con la caficultura en el Ecuador.	32
1.3.4. Expansión del café en el Ecuador.	35
1.3.5. Zonificación del cultivo de café en el Ecuador.	43
1.4. El café en la economía nacional.	44
1.4.1. Oferta y demanda del café en el Ecuador.	46
1.4.2. El impacto del fenómeno "El Niño" en el sector cafetelero nacional.	53
1.4.3. La calidad del café ecuatoriano.	55
1.4.4. Situación actual de la caficultura en el Ecuador.	59

II. DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES QUE INCIDEN EN LA PRODUCCIÓN DEL CAFÉ EN EL ECUADOR 62

2.1. Introducción	62
2.2. Superficie sembrada	63
2.3. Superficie cosechada	64
2.4. Producción	66
2.5. Rendimiento	68
2.6. Oferta exportable	70
2.7. Importaciones	72
2.8. Precio internacional	74
2.9. Índice de precios al consumidor	75
2.10. Tipo de cambio	77

2.11. PIB agrícola	80
--------------------	----

III. ANÁLISIS UNIVARIADO:

PRODUCCIÓN DEL CAFÉ EN EL ECUADOR

3.1. Introducción.	83
3.2. Análisis univariado	84
3.2.1. Superficie sembrada	84
3.2.2. Superficie cosechada.	92
3.2.3. Producción.	97
3.2.4. Rendimiento.	102
3.2.5. Oferta exportable.	107
3.2.6. Importaciones.	111
3.2.7. Precio internacional.	114
3.2.8. Tipo de cambio.	119
3.2.9. Índice de precios al consumidor	123
3.2.10. PIB agrícola.	126

IV. ANÁLISIS MULTIVARIADO:

PRODUCCIÓN DEL CAFÉ EN EL ECUADOR

4.1. Introducción	132
4.2. Técnicas estadísticas multivariadas	132
4.2.1. Correlación lineal	132
4.2.2. Componentes principales	136

4.3. Análisis de correlación	142
4.4. Análisis de componentes principales	145
4.4.1. Variables anuales	145
4.4.2. Variables mensuales	156
V. ANÁLISIS DE SERIES DE TIEMPO:	
PRODUCCIÓN DEL CAFÉ EN EL ECUADOR	167
5.1. Introducción.	167
5.2. Marco teórico relativo a series temporales	168
5.2.1. Proceso estocástico y series temporales	168
5.2.2. Procesos estocásticos estacionarios	169
5.2.3. Función de autocorrelación y autocorrelación parcial	170
5.2.4. Modelo lineal general	171
5.2.4.1. Procesos autorregresivos	172
5.2.4.2. Proceso media móvil.	172
5.2.4.3. Procesos autorregresivos - media móvil	173
5.2.4.4. Procesos arima	174
5.3. Modelación de los datos	175
5.3.1. Superficie sembrada	175
5.3.2. Superficie cosechada	186
5.3.3. Producción	194
5.3.4. Oferta exportable	200
5.3.5. Componentes principales	207
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	208
APÉNDICE	
BIBLIOGRAFÍA	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Clasificación taxómica	2
Tabla 1.2	Principales productores de café a nivel mundial, 1999.	6
Tabla 1.3	Principales consumidores de café a nivel mundial, 1999.	7
Tabla 1.4	Oferta y demanda de café a nivel mundial, 1990-1998.	10
Tabla 1.5	Especies y variedades en el Ecuador	13
Tabla 1.6	Malezas, enfermedades y plagas.	18
Tabla 1.7	Superficie y variedades cultivadas en el Ecuador, 1999.	37
Tabla 1.8	Participación por provincias en el Ecuador, 1999.	38
Tabla 1.9	Exportación de productos tradicionales del Ecuador, 1999.	44
Tabla 1.10	Oferta exportable de café en grano por país de destino, 1999	47
Tabla 1.11	Oferta exportable de café industrializado por país de destino, 1999	48
Tabla 1.12	Producción, demanda y oferta del Ecuador, 1993-1998.	49
Tabla 1.13	Fenómeno "El Niño " y el sector cafetero, 1971-1998	54
Tabla 1.14	Comparación en calidades Arábigas vs. Robustas	57
Tabla 2.1	Superficie Sembrada en el Ecuador, 1965-1998.	64
Tabla 2.2	Superficie Cosechada en el Ecuador, 1965-1998.	66
Tabla 2.3	Producción de café en el Ecuador, 1965-1998.	67
Tabla 2.4	Rendimiento del Café en grano en el Ecuador, 1965-1998.	69
Tabla 2.5	Oferta exportable del Ecuador, 1990-1998.	71
Tabla 2.6	Importaciones de café en grano del Ecuador, 1990-1998.	73
Tabla 2.7	Precio Internacional del Café, 1990-1998.	75
Tabla 2.8	Índice de precios al consumidor, 1990-1998.	76
Tabla 2.9	Tipo de Cambio(Dólar) en el Ecuador, 1990-1998.	78
Tabla 2.10	Producto Interno Bruto Agrícola del Ecuador, 1990-1998.	80
Tabla 3.1	Estadística descriptiva – sup. sembrada	84
Tabla 3.2	Frecuencia - sup. sembrada	85
Tabla 3.3	Estadística descriptiva – sup. cosechada	92

Tabla 3.4	Estadística descriptiva – producción	97
Tabla 3.5	Estadística descriptiva – rendimiento	102
Tabla 3.6	Estadística descriptiva – oferta exportable de café en grano	107
Tabla 3.7	Estadística descriptiva – importaciones de café en grano	111
Tabla 3.8	Estadística descriptiva – precio internacional	114
Tabla 3.9	Variaciones anuales – precio internacional	115
Tabla 3.10	Estadística descriptiva – tipo de cambio	119
Tabla 3.11	Estadística descriptiva – índice de precios al consumidor	123
Tabla 3.12	Estadística descriptiva – PIB agrícola	126
Tabla 4.1	Matriz de correlación – anuales	143
Tabla 4.2	Matriz de correlación – mensuales	144
Tabla 4.3	Componentes principales (estandarizados- anual)	153
Tabla 5.1	Prueba de los parámetros – sup. sembrada	181
Tabla 5.2	Prueba de normalidad de los ruidos blancos – sup. sembrada	182
Tabla 5.3	Criterio del mayor poder predictivo – sup. sembrada	183
Tabla 5.4	Intervalos de predicción – sup. sembrada	184
Tabla 5.5	Prueba de los parámetros – sup. cosechada	190
Tabla 5.6	Prueba de normalidad de los ruidos blancos – sup. cosechada	191
Tabla 5.7	Criterio del mayor poder predictivo – sup. cosechada	191
Tabla 5.8	Intervalos de predicción – sup. cosechada	192
Tabla 5.9	Prueba de los parámetros – producción	196
Tabla 5.10	Prueba de normalidad de los ruidos blancos – producción	197
Tabla 5.11	Intervalos de predicción – producción	198
Tabla 5.12	Prueba de los parámetros – oferta exportable	202
Tabla 5.13	Prueba de normalidad de los ruidos blancos – oferta exportable	203
Tabla 5.14	Intervalos de predicción – oferta exportable	204
Tabla 5.15	Predicciones – Componentes Principales	207

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.1	Áreas naturales del cafeto a nivel mundial.	3
Gráfico 1.2	Principales productores a nivel mundial, 1999.	5
Gráfico 1.3	Principales consumidores de café a nivel mundial, 1999.	8
Gráfico 1.4	Producción y Demanda a nivel mundial, 1990-1998.	10
Gráfico 1.5	Tiempo óptimo para sembrar el café en el Ecuador.	20
Gráfico 1.6	Participación por provincias del Ecuador, 1999.	39
Gráfico 1.7	Superficie de cultivo en la Costa del Ecuador., 1999.	41
Gráfico 1.8	Superficie de cultivo en la Región Interandina, 1999.	42
Gráfico 1.9	Superficie de cultivo en el Oriente ecuatoriano, 1999.	42
Gráfico 1.10	Zonas cafetaleras del Ecuador, 1999- 2000.	43
Gráfico 1.11	Exportación de productos tradicional del Ecuador, 1998.	45
Gráfico 2.1	Superficie sembradas en el Ecuador, 1965-1998.	63
Gráfico 2.2	Superficie cosechada en el Ecuador, 1965-1998.	65
Gráfico 2.3	Producción de café en grano en el Ecuador, 1965-1998.	68
Gráfico 2.4	Rendimiento del café en el Ecuador, 1965-1998.	70
Gráfico 2.5	Oferta Exportable del café en grano en el Ecuador, 1990-1998.	71
Gráfico 2.6	Importaciones de café en grano del Ecuador, 1990-1998	72
Gráfico 2.7	Precio Internacional en el Ecuador, 1990-1998.	74
Gráfico 2.8	Índice de precios al consumidor, 1990-1998.	77
Gráfico 2.9	Tipo de cambio (Dólar) en el Ecuador, 1990-1998.	79
Gráfico 2.10	Producto Interno Bruto Agrícola del Ecuador, 1990-1998.	81
Gráfico 3.1	Histograma de frecuencias – sup. sembrada	86
Gráfico 3.2	Ajuste a la distribución normal - sup. sembrada	89
Gráfico 3.3	Distribución acumulada – sup. sembrada	91
Gráfico 3.4	Histograma de frecuencias – sup. cosechada	93
Gráfico 3.5	Distribución acumulada – sup. cosechada	96

Gráfico 3.6	Histograma de frecuencias – producción	98
Gráfico 3.7	Ajuste a la distribución normal – producción	99
Gráfico 3.8	Distribución acumulada – producción	101
Gráfico 3.9	Histograma de frecuencias – rendimiento	103
Gráfico 3.10	Ajuste a la distribución normal – rendimiento	105
Gráfico 3.11	Distribución acumulada – rendimiento	106
Gráfico 3.12	Histograma de frecuencias – oferta exportable	108
Gráfico 3.13	Distribución acumulada – oferta exportable	110
Gráfico 3.14	Comparación entre imp. y exp. de café en grano	112
Gráfico 3.15	Histograma de frecuencias – importaciones	113
Gráfico 3.16	Histograma de frecuencias – precio internacional	116
Gráfico 3.17	Distribución acumulada – precio internacional	118
Gráfico 3.18	Histograma de frecuencias – tipo de cambio	120
Gráfico 3.19	Distribución acumulada – tipo de cambio	122
Gráfico 3.20	Histograma de frecuencias – índice de precios al consumidor	124
Gráfico 3.21	Ajuste a la distribución exponencial – índice de precios	125
Gráfico 3.22	Histograma de frecuencias – PIB	127
Gráfico 3.23	Ajuste a la distribución normal – PIB	128
Gráfico 3.24	Distribución acumulada – PIB	130
Gráfico 4.1	Valores propios (datos observados - anuales)	148
Gráfico 4.2	Valores propios (estandarizados - anuales)	150
Gráfico 4.3	Superficie cafetera 1965-1998 anual	154
Gráfico 4.4	Rendimiento 1965-1998 anual	155
Gráfico 4.5	Valores propios (datos observados - mensuales)	158
Gráfico 4.6	Valores propios (estandarizados - mensuales)	160
Gráfico 4.7	Precios 1990-1998 mensual	163
Gráfico 4.8	Influencia del dólar con las exportaciones 1990-1998 mensual	164

Gráfico 4.9	Importaciones 1990-1998 mensual	165
Gráfico 5.1	Serie observada – sup. sembrada	176
Gráfico 5.2	Función de autocorrelación – sup. sembrada	177
Gráfico 5.3	Función de autocorrelación parcial – sup. sembrada	177
Gráfico 5.4	Serie transformada – sup. sembrada	178
Gráfico 5.5	Autocorrelación estimada – sup. sembrada	178
Gráfico 5.6	Autocorrelación parcial estimada – sup. sembrada	179
Gráfico 5.7	Predicciones – sup. sembrada	185
Gráfico 5.8	Serie observada – sup. cosechada	186
Gráfico 5.9	Función de autocorrelación – sup. cosechada	187
Gráfico 5.10	Función de autocorrelación parcial – sup. cosechada	187
Gráfico 5.11	Serie transformada – sup. cosechada	188
Gráfico 5.12	Autocorrelación estimada – sup. cosechada	188
Gráfico 5.13	Autocorrelación parcial estimada – sup. cosechada	189
Gráfico 5.14	Predicciones – sup. cosechada	193
Gráfico 5.15	Serie observada – producción	194
Gráfico 5.16	Serie estimada – producción	195
Gráfico 5.17	Predicciones – producción	199
Gráfico 5.18	Serie observada – oferta exportable	200
Gráfico 5.19	Serie estimada – oferta exportable	201
Gráfico 5.20	Predicciones – oferta exportable	206

ABREVIATURAS

OIC	Organización Internacional del Café
Kg.	Kilogramos
FOB	Free on Board (franco a bordo)
has.	Hectáreas
tm.	Toneladas métricas
Kg./has.	Kilogramos por hectárea
Ctvs. US\$/libra	Centavos de dólar por libra
PIB	Producto interno bruto
R	Números reales
Z	Números enteros
<i>t</i>	tiempo
LCI	Límite de confianza inferior
LCS	Límite de confianza superior

INTRODUCCIÓN

La producción de café en el Ecuador es de mucha importancia para los sectores económico y social, debido a que genera divisas al país y constituye una fuente de trabajo. Es por esto, que el sector cafetalero del Ecuador y todo lo relacionado a esta actividad merecen un amplio estudio estadístico que ayude a disminuir la incertidumbre existente entre los productores y exportadores. Además, la falta de información actualizada impide el crecimiento de este sector, debido a que no se cuenta con herramientas de tipo analítica y descriptiva que sirvan de base y sustento para la toma de decisiones en el ámbito productivo.

En el presente estudio, se analizará individualmente y de manera conjunta las variables que, a nuestro juicio, son relevantes para el estudio de la producción cafetalera en nuestro país. Inicialmente, se describirá la situación del sector cafetalero tanto en el Ecuador como en el ámbito mundial. Describiremos también las variables de tipo agrícola y económico. Posteriormente, efectuaremos un análisis univariado y multivariado con el objetivo de conocer y analizar el comportamiento de las variables y la relación que tienen unas con otras a través de técnicas multivariadas como: análisis de correlación y componentes principales. Además, ajustaremos a las variables que incidan en mayor proporción, mediante modelos de series de tiempo, con el objeto de estimar valores de éstas en el tiempo.

CAPÍTULO I

EL CAFÉ A TRAVÉS DEL TIEMPO

1.1. ORIGEN Y PROPAGACIÓN DEL CAFÉ EN EL MUNDO

1.1.1. ORIGEN Y PROPAGACIÓN

El café es originario de África Central-Oriental (*Etiopía*), donde crece silvestremente en los bosques: lugares donde los nativos de aquellas regiones eran consumidores de los frutos y hojas de este árbol, de forma distinta a la que se consume en los tiempos actuales. Los cafetos típicos sólo son espontáneos de África, en lugares como Etiopía.

Existe una leyenda árabe sobre los descubrimientos de las cualidades del café que dice: *“un pastor se mostró sorprendido al observar a sus cabras dando saltos como si se hubieran vuelto locas luego de haber comido unos frutos esféricos de un arbusto; intrigado por tal suceso el pastor probó algunos de dichos frutos y sintió que desapareció su somnolencia y su melancolía,”* esto sirvió de guía para indicar efectos estimulantes que causa el café; siendo ésta una de las principales razones que originaron su propagación.

El cultivo del café se extiende desde su lugar de origen en Etiopía, hasta Arabia, donde existen tradiciones diversas sobre su introducción. En el siglo XVI los mercaderes venecianos, introdujeron el café en el continente europeo. Por el año 1690, los holandeses llevaron el café, de la península arábiga a Indonesia. Los ingleses, lo introdujeron simultáneamente en la India, donde no prosperó. En 1706, desde Indonesia se extendió hasta los

invernaderos de Amsterdam donde fructificó, para luego, ser distribuidas sus semillas desde Holanda, en 1710, hasta la Guayana Holandesa; y en 1720, hasta las Antillas y Colombia; a partir de entonces, el cafeto continúa su dispersión por el Caribe. En el año 1727 se introdujo a Pará, estado de Brasil, desde Guayana, donde se extendió lentamente su cultivo, ocurriendo lo contrario en los otros estados de Brasil hasta llegar a Sao Paulo, que por factores climáticos favorables, el cultivo del cafeto alcanzó una extensión gigantesca. Así, en América del Sur, el café ha alcanzado su mayor desarrollo, siendo actualmente Brasil y Colombia, los mayores productores a nivel mundial.

Tabla 1.1
CLASIFICACIÓN TAXÓMICA

Reino	<i>Vegetal</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Dicotyledoneae</i>
Subclase	<i>Asteridae</i>
Orden	<i>Rubiales</i>
Familia	<i>Rubiaceae</i>
Género	<i>Coffea</i>
Especie	<i>Aprox. 30</i>

Fuente: (INIAP) Instituto nacional de investigaciones agropecuarias. *Manual del cultivo del café*.

1.1.2. ÁREAS NATURALES Y ESPECIES EN EL MUNDO

El cafeto es un arbusto que se cultiva principalmente en la franja tropical comprendida entre el Trópico de Cáncer y el Trópico de Capricornio, a una

altitud de 1200-1600 m. sobre el nivel del mar y a una temperatura aproximada de 21 grados centígrados.

En la actualidad, casi todos los países de la franja tropical cultivan alguna especie de café (*Coffea*), existiendo aproximadamente más de 30 especies cultivables tales como: *C. arábica*, *C. canephora*, *C. libérica*, *C. excelsa*, *C. congensis*, *C. stenophylla* G, *C. klainii* Pierre, *C. oyemensis* Chev, *C. abeokutae* Cramer, *C. dewebrei* De Wild et Durand, entre otras; siendo las especies *C. arábica*, *C. canephora* y *C. Libérica*, las de mayor producción y comercialización en el ámbito mundial, abarcando zonas geográficas de América Central y el Caribe; América del Sur; África Central y Asia, lugar donde ha desarrollado fuertemente la producción de café robusta debido al incremento y a la modernización de sus cultivos. Ver Gráfico 1.1.



C. *Arábica*: Es originario de Etiopía y no de Arabia como podría suponerse por su denominación, es la más antigua y la más extendida por todo el mundo, dando lugar a cierto número de variedades, tipos y cultivos regionales que indican la influencia indudable del medio que les rodea. Esta especie es la de mayor producción y comercialización en el mundo.

C. *Canephora*: Es nativo de las áreas del Congo del Sur, y corresponde a las zonas de clima cálido y muy húmedo. Entre las variedades de esta especie, la que más se ha desarrollado; es la *Robusta*, se cultiva en zonas bajas y montañosas y en climas más calientes, su desarrollo y producción es muy precoz. Este cultivo es el que se encuentra más extendido en el mundo ocupando casi el 90 % de las plantaciones de *C. canephora*.

C. *Libérica*: Es originario de Liberia (Oeste de África), estos cafetos son de cultivos tropicales y son por esto, cafetales característicos de las regiones ecuatoriales, junto con los del grupo *canephora*; además, son apropiados para cultivarlos en estas zonas, incluso al nivel del mar y sin sombra. Tiene exigencias menores en suelos, vigor, longevidad, menor calidad y producción; además, fuerte sabor de su infusión y una producción aceptable hasta los doce años.

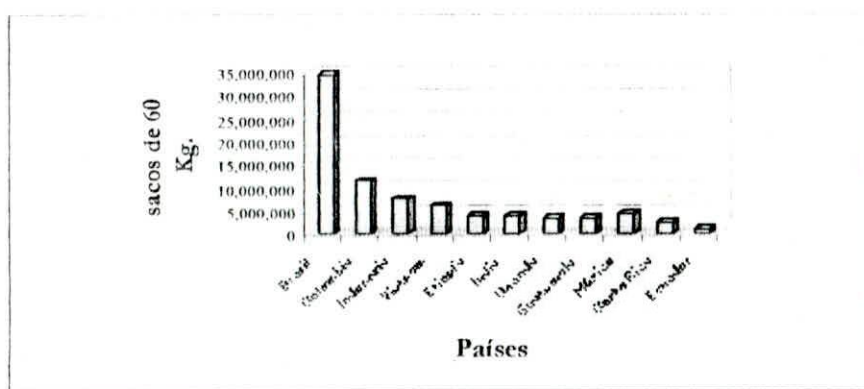
1.1.3. ESTRUCTURA DEL MERCADO MUNDIAL

Decenas de millones de personas, tienen al cultivo del café como principal fuente de ingresos; y este, es un factor fundamental para la economía de ciertos países productores. Basta decir que, en el comercio mundial el café ocupa el segundo lugar de valor dentro de los principales productos, siendo superado únicamente por el petróleo. El mercado mundial de café ha sido uno de los más dinámicos durante el siglo XX debido a sus características intrínsecas y por su relación directa con costumbres, culturas y hábitos en las distintas regiones del mundo.

PRINCIPALES PRODUCTORES A NIVEL MUNDIAL

Existen alrededor de 55 países que se dedican a la producción del café, entre los cuales tenemos a Brasil, como el mayor productor en el mundo, seguido de Colombia, Indonesia, Vietnam y México. Ver Tabla 1.2.

Gráfico 1.2
NIVEL MUNDIAL: PRINCIPALES PRODUCTORES
1999



Fuente: Boletín anual de la OIC, *Statistic on coffee 1999*.

Tabla 1.2
NIVEL MUNDIAL: PRINCIPALES PRODUCTORES
1999

<i>PAISES</i>	<i>PRODUCCIÓN</i> <i>miles de sacos (60 kg)</i>	<i>(%)</i>
1. Brasil	34.547	32 %
2. Colombia	11.500	10 %
3. Indonesia	7.589	7 %
4. Vietnam	6.200	5 %
5. México	4.400	4 %
6. Etiopía	3.867	3.6 %
7. India	3.833	3.6 %
8. Uganda	3.600	3.4 %
9. Guatemala	3.400	3.2 %
10. Costa Rica	2.376	2.2 %
17. Ecuador	1.260	1.1 %

Fuente: Boletín anual de la OIC, *Statistic on coffee 1999*.

Actualmente, la producción mundial del café ha llegado a 11'360.000 toneladas, manteniéndose este promedio desde el inicio de esta década, a excepción del año 1995, donde tuvo un máximo descenso a 10 millones de toneladas. El 50% de la producción mundial está representada por Brasil, Colombia, Indonesia, Vietnam y México. Entre otros países productores se encuentran: Costa de Marfil, Honduras, El Salvador, Perú, Camerún, República Dominicana, Kenya, entre otros. Ver Gráfico 1.2.

PRINCIPALES CONSUMIDORES A NIVEL MUNDIAL

El café no es considerado un producto de primera necesidad; sin embargo, es una de las bebidas más apetecidas. Con el transcurso de los años se ha incrementado su consumo de manera significativa, representando actualmente

el 17% del consumo a nivel mundial y ocupando el segundo puesto dentro de los principales productos en el comercio mundial. Por el lado de los países consumidores destacan: Estados Unidos, Alemania, Japón, Francia e Italia. Ver Tabla 1.3.

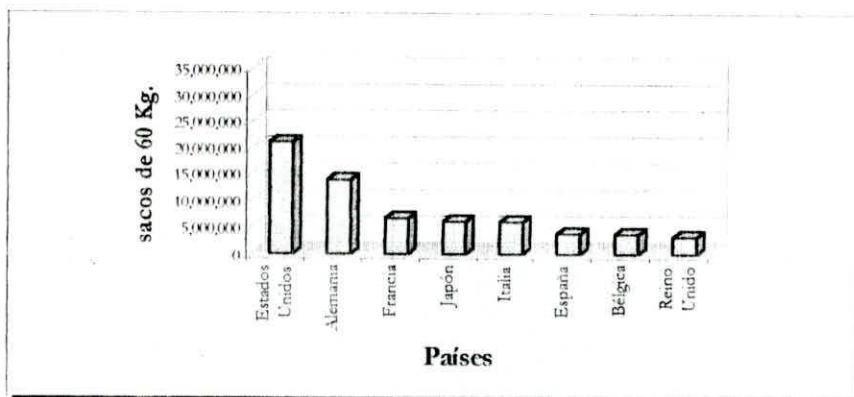
A los países consumidores de café se los clasifican en dos tipos: consumidores de *café en grano* y consumidores de *café industrializado*; siendo Estados Unidos el mayor consumidor a nivel mundial de café en grano, seguido por Chile, España, Italia, Holanda, entre otros; mientras que por el lado del café industrializado, se encuentran Alemania, Japón, Holanda, Reino Unido, Polonia, entre otros.

Tabla 1.3
NIVEL MUNDIAL: PRINCIPALES CONSUMIDORES
1999

<i>PAÍSES</i>	<i>MILES DE SACOS 60 Kg.</i>	<i>(%)</i>
Estados Unidos	21.048	27 %
Alemania	13.770	18 %
Francia	6.615	8.7 %
Japón	6.085	8 %
Italia	5.920	7.8 %
España	3.778	5 %
Bélgica	3.632	4.8 %
Reino Unido	3.227	4.2 %

Fuente: Boletín anual de la OIC, *Statistic on coffee 1999*

Gráfico 1.3
NIVEL MUNDIAL: PRINCIPALES CONSUMIDORES
1999



Fuente: Boletín anual de la OIC, *Statistic on coffee 1999*.

1.1.4. COMPORTAMIENTO DE LA OFERTA Y LA DEMANDA EN EL MERCADO INTERNACIONAL

Entre las causas que motivaron la oferta y demanda en el mercado del café a través del tiempo, tenemos ^{factores} la caída de los precios del café; el exceso de producción de café; el surgimiento de las dos guerras mundiales; el continente africano que comienza a incursionar en la producción; la competencia de otros productos sustitutos como es el té; las barreras aduaneras impuestas por los estados, etc. Esto es suficiente para que la oferta, demanda y su comercialización sea imperfecta.

Entre las causas asignables a nivel mundial por la que los precios del producto hayan variado y subido estrepitosamente, ocasionando disminución de la oferta mundial, podemos citar: la guerra civil en Angola; las heladas en Brasil; la sequía en Colombia; el terremoto en Guatemala; la presencia de la roya, en países centroamericanos; y, los problemas políticos en El Salvador. Esta disminución de la oferta se mantuvo hasta finales de la década del 70. El sector cafetalero optó por tomar medidas razonables para frenar o amortiguar la crisis en la que se ha visto involucrada a través de los años, implantando el régimen de cuotas, como medida para afrontar el incremento paulatino de la oferta; la caída de los precios en el mercado; y la disminución de la demanda, especialmente en el mercado de los EEUU. Luego, la oferta se incrementó debido a renovaciones efectuadas en las plantaciones de Brasil, después de las heladas de 1975; Colombia y algunos países centroamericanos también efectuaron nuevas plantaciones incentivados por los altos precios en el mercado internacional, logrando incrementar toda su producción.

La relación entre productores y consumidores se ha mantenido, provocando que los inventarios jueguen un papel importante en el mercado internacional del café, en la determinación de precios y en las tendencias de mercado; por tanto, su precio está sujeto a la abundancia o escasez de la oferta. Además, el café es un producto que se cotiza en las bolsas de materias primas de Londres

y Nueva York para variedades como robusta y arábica. Ver Tabla 1.4; y, el comportamiento del consumo y la producción en el mundo. Gráfico 1.4.

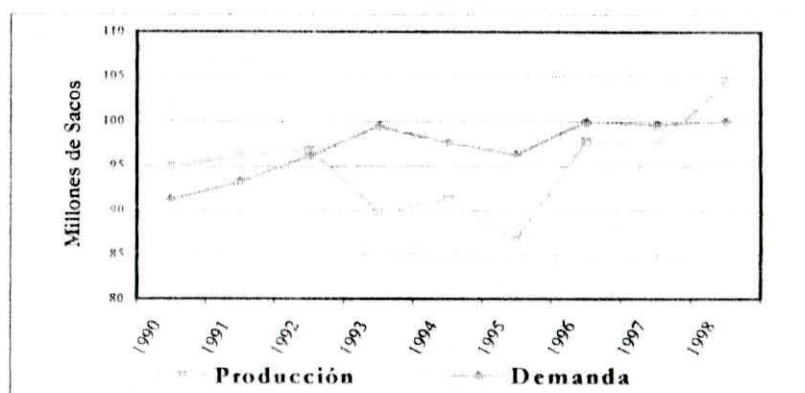
Tabla 1.4
NIVEL MUNDIAL: OFERTA Y DEMANDA DE CAFÉ
1990-1998
(Millones de sacos)

<i>Años</i>	<i>Producción</i>	<i>Demanda</i>	<i>Excedente</i>	<i>Déficit</i>	<i>Precio</i>
1990	94.90	91.20	3.7	-	71.53
1991	96.10	93.20	2.9	-	66.80
1992	96.80	96.10	0.7	-	53.35
1993	89.90	99.40	-	9.5	61.63
1994	91.20	97.60	-	6.4	134.45
1995	86.70	96.30	-	9.6	138.42
1996	97.70	99.90	-	2.2	102.07
1997	97.40	99.60	-	2.2	133.91
* 1998	104.10	100.00	4.1	-	108.95

Fuente: Organización Internacional del Café (OIC.)

Nota: Ctr.US \$/Libra * Estimado

Gráfico 1.4
NIVEL MUNDIAL: PRODUCCIÓN Y DEMANDA
1990 - 1998



Fuente: Organización Internacional del Café (OIC.)

En el lapso comprendido, desde el año 1990 hasta 1991, se produjo un excedente en la producción del café a nivel mundial frente a la cantidad demandada, como resultado de este exceso en la producción, los precios presentaron una tendencia a la baja. En el año 1992, el comportamiento del mercado cafetalero mundial tuvo una tendencia estable, mostrando una equidad entre la cantidad producida y la cantidad demandada. Ante la caída en los precios en el mercado cafetalero, en el año de 1993, se creó una estrategia con el objetivo de incrementar los precios internacionales, conocido como *Plan de retención de café* fijado por Brasil, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Honduras y Nicaragua, que consistía en una limitación de la oferta de café, a través de la asignación trimestral de exportaciones.

En 1994, las heladas en Brasil, provocaron que el precio y la producción de este producto se incrementara, mientras que en el período de 1997 y 1998, los países cafeteros fueron afectados negativamente por factores climáticos que inciden directamente en el mercado del café, provocando un desequilibrio en su oferta y demanda.

1.2. EL CAFÉ EN EL ECUADOR: ESPECIES Y VARIEDADES

1.2.1. ESPECIES Y VARIEDADES

En el Ecuador comercialmente se cultivan dos especies de café: *Coffea arabica* y *Coffea canephora* de las cuales surgen distintas variedades, algunas de estas son producto del cruzamiento entre ellas; dando lugar a variedades mejoradas que ofrecen mejor calidad, mayor resistencia a ciertos tipos de enfermedades y se logran cultivar con ciertos límites de adaptación en lugares en los que no es posible hacerlo por distintos factores. Ver Tabla 1.5.

Especie Arábica: Conocida en nuestro país como *Café Nacional*, es la de mayor comercialización a nivel nacional. De esta especie surgen variedades tales como: Típica, Bourbon, Mundo Novo, Caturra, Pacas, Catuai, Geisha y Villalobos.

Por ofrecer una bebida suave de aroma agradable y buena acidez, la especie Arábica en el Ecuador, es de mayor calidad que la especie Canephora. Ecuador cultiva un porcentaje representativo de las variedades arábicas, ocupando un 50% de toda la producción del café a nivel nacional.

Especie Canephora: De esta especie se cultiva sólo la variedad Robusta, adaptándose bien a las zonas tropicales y subhúmedas del país. Está

distribuída, en mayor proporción, en zonas de oriente y costa. En comparación con las arábicas, esta variedad es más vigorosa y más resistente a ciertos tipos de enfermedades. Se identifica como un café de sabor fuerte, poco aroma y poca acidez; tiene como única forma de reproducción, la propagación a través de la clonación la misma que ha evolucionado en tipos diferenciados conocidos como: café pepón y café dormilón. A diferencia de las variedades arábicas, ésta se reproduce durante todo el año en períodos de tiempo, dependiendo de la zona en que se lo cultive, haciendo de esta variedad más productiva que la otra. En el ámbito nacional la variedad robusta ocupa el 50% de la toda la producción del café.

Tabla 1.5
ECUADOR:
ESPECIES Y VARIEDADES

<i>ESPECIE</i> <i>ARÁBICA</i>	<i>ESPECIE</i> <i>CANEPHORA</i>
Typica	Robusta
Bourbón	(Pepón)
Mundo Novo	(Dormilón)
Caturra	
Pacas	
Catuí	
Geisha	
Villalobos	

Fuente: (INIAPI) Instituto nacional de investigaciones agropecuarias.

Proveedores

1.2.2. FACTORES QUE INCIDEN EN EL CULTIVO DE CAFÉ EN EL ECUADOR

Factores climáticos como: temperatura, altitud geográfica, precipitación, suelo y sombra, ejercen una influencia muy notable sobre el árbol del cafeto hasta el punto de que no es posible su cultivo, sino se cumplen cierto número de condiciones. La edad de los cafetales y los enemigos que los acechan, también son factores que afectan directamente el cultivo de este producto.

1.2.2.1. CLIMA

TEMPERATURA.- En el Ecuador la temperatura no es un factor limitante para el cultivo del café, por lo que puede producirse café en cualquier zona del país; sin embargo, para su exportación se es más exigente, debido a que la temperatura influye directamente en la calidad del café, su temperatura debe oscilar en el rango de $(19 \pm 3) ^\circ C$, siendo las temperaturas lejanas a este rango inadecuadas para su exportación.

Las especies y variedades de café reaccionan a las variables térmicas; las variedades arábigas, son más sensibles a altas temperaturas especialmente para la calidad del café; y, la de tipo robusta, es más sensitivas a las bajas temperaturas menores a $24^\circ C$.

ALTITUD GEOGRÁFICA.- En Ecuador, las mejores áreas de cultivo están entre los (1100 ± 500) metros sobre el nivel del mar, es decir, la altitud influye directamente en la obtención de un café de mejor calidad.:

- De 600 a 1.600 mt. sobre el nivel del mar $\longrightarrow$ *Mayor calidad*
- Bajo los 600 mt. y sobre los 1.600 mt. del nivel del mar $\longrightarrow$ *Menor calidad*

En otras palabras, es más conveniente para obtener un café de calidad, sembrar en las faldas de la región interandina.

PRECIPITACIÓN.- La cantidad de lluvia necesaria para un buen cultivo no está aún bien definida; pero, se puede afirmar que para un buen desarrollo del cafeto para límites bajos su fluctuación es de (1270 ± 510) milímetros bien distribuidos; mientras, los límites altos varían de (1995 ± 1005) milímetros. El promedio de lluvia para este tipo de cultivo fluctúan entre (1.500 ± 300) milímetros.

SUELO.- Para que un suelo dedicado a la producción de café sea productivo, debe de contar con una adecuada capacidad de retención de agua, buena aireación, materia orgánica en proceso de descomposición; y, nutrientes en cantidades apropiadas.

El propósito de adicionar fertilizantes al cultivo de café, es suplir en cantidades adecuadas y oportunas los elementos minerales esenciales para optimizar los ciclos vegetativos y reproductivos. Por lo general, los suelos no ofrecen las cantidades necesarias y suficientes de elementos que requieren los cafetos durante todo su período productivo.

LUZ - SOMBRA.- La sombra es fundamental en el cultivo del café, le ayuda a atenuar la luminosidad que va a dirigirse en forma directa a la planta en sus estados iniciales, debido a esto, es importante que exista la sombra temporal, en este caso comúnmente se utiliza la sombra del plátano hasta que alcance su desarrollo apropiado. Cuando los cafetos entran a su fase de producción, situación que ocurre aproximadamente 2 años después de su establecimiento, se elimina esta sombra temporal dando lugar a la sombra permanente, seleccionando árboles como el guabo para proporcionarse sombra permanente del (45 ± 5) por ciento, ocasionado por la copa de sus árboles; esta sombra tiene como propósito proteger al cafetal y proporcionar el ambiente adecuado para el desarrollo y producción de los cafetos para toda su vida.

La sombra protege a los cafetos de los rayos solares disminuyendo la transpiración y evaporación del agua desde el suelo; uniformiza la temperatura del suelo favoreciendo una mejor asimilación de los nutrientes; la floración no sufre muchas variaciones, disminuyendo así la tendencia de la producción

bianual del cafeto; limita el crecimiento agresivo de las malezas; y, permite una mejor retención de la humedad del suelo.

Lo recomendable es desarrollar una caficultura con sombra regulada a un 35 ± 5 por ciento. El mayor sombrío debe proporcionarse en las áreas de menor precipitación correspondientes a las zonas de producción de C. arábica, mientras que se dará el menor sombreamiento en las zonas altas de precipitación que corresponden a las zonas de producción de café robusta (C. canephora).

1.2.2.2. EDAD DE LOS CAFETOS

La vida productiva de los cafetos está en función de su manejo técnico, alrededor de 184.000 ha. de cafetales ecuatorianos tuvieron en 1994, según el primer censo cafetalero de 1983, una edad igual o superior a 20 años.

El nivel de productividad está afectado por la existencia de cafetales viejos e improductivos que sobrepasan los 20 años de edad. Esta situación plantea la necesidad urgente de renovar y/o diversificar una extensa área actualmente cultivada con café debido a que una de las principales causas del bajo rendimiento de los cafetales ecuatorianos es la avanzada edad de las plantaciones. La destrucción de las ramas de los cafetos y su maltrato por

parte de los recolectores influye también en su vida productiva; en la longevidad del árbol del café; y consecuentemente, en su producción.

1.2.2.3. ENEMIGOS DEL CAFETO

La mayor parte de las zonas cafetaleras del país ofrecen condiciones ecológicas favorables para el desarrollo de enfermedades, plagas y malezas; siendo estos *enemigos del café*, uno de los problemas por los que se ve afectado el café, provocando una reducción y hasta pérdida de la cosecha, impidiendo en cultivo normal; menor producción; y, la obtención de granos de baja calidad.

Tabla 1.6
ECUADOR: MALEZAS, ENFERMEDADES Y PLAGAS
1999

<i>Malezas</i>	<i>Enfermedades</i>	<i>Plagas</i>
Saboya	La Roya	Broca
Gramalote	Mal de talluelo	El Taladrador
Achochilla	Mal de hilachas	Minador
Papa china	Ojo de gallo	Gallina ciega
Cordoncillo	Mancha de hierro	Afidos o pulgones
Bledo	Muerte desc.	Piojo blanco
Escoba	Mal del machete	Hormiga arriera
Paja brava	Viruela	Gusano defoliador
Pega pega		Gusano trozador

Fuente: (INIA) Instituto nacional de investigaciones agropecuarias.

Las condiciones ecológicas del agroecosistema cafetalero, el estado precario de la mayoría de las plantaciones y la falta de enemigos naturales eficientes, han permitido que algunas de las enfermedades, plagas y malezas, causen severos

daños al cultivo, constituyéndose en principales problemas para todo el sector cafetero.

1.2.3. CULTIVO DEL CAFÉ

La selección de la semilla, es una actividad de suma importancia, ya que de ella depende gran parte del futuro de una nueva planta. Esa labor comienza en la selección de plantas jóvenes, sanas, libres de plagas y enfermedades; y, que conserven las características de la variedad que se desea sembrar. Teniendo presente que una buena semilla producirá plantas de buena calidad con potencial para obtener elevados rendimientos.

TERRENO Y DISTANCIA DE SIEMBRA.- El terreno donde se establecerán los cafetales debe de estar localizado cerca o en las inmediaciones de una fuente de agua; debe ser plano y nivelado; libre de piedras, terrones, palos; libre de malezas, plagas y patógenos; y, de fácil acceso al cafeto.

La distancia de siembra a emplearse determina el número de cafetos a utilizarse por unidad de superficie, lo que se conoce también con el nombre de *población* o *densidad de plantación*. La densidad está en función de las distancias tanto entre plantas como entre hileras. En el establecimiento de plantaciones de café arábica son menores distancias de siembra con 2,25 m. por hilera y 1,25 m. por planta; mientras que la especie *C. Canephora*, indudablemente necesita de

10 x 10 m.
 Calleja Lara y
 Maldonado
 Botica
 gumb.
 # 20050

mayores distancias de siembra por ser más grande físicamente que las arábigas; sus plantaciones pueden establecerse de 3 m. por hilera, y de 3 m. por planta.

ÉPOCA DE SIEMBRA.- El tiempo más propicio para sembrar debe coincidir con la época lluviosa de la zona en que se va a sembrar; es decir, depende del lugar en que se va a establecer el cultivo. Por ejemplo: Quevedo inicia el período lluvioso a fines de diciembre o inicios de enero; entonces se debe tratar de tener la planta lista para esa época, de manera que se aproveche el agua de lluvia, evitando así mayores costos; tanto de riego, mano de obra y de agua.

Gráfico 1.5
ECUADOR: TIEMPO ÓPTIMO PARA SEMBRAR

Semillero	43 ± 2 días
Vivero (en fundas)	5 ± 1 meses
	Aprox. 7 meses

En 7 meses, la planta debe estar lista para llevarla al campo a su sitio definitivo.

Fuente: (INIA) Instituto nacional de investigaciones agropecuarias.

En el transcurso de los dos años siguientes se podrá llevar a cabo la primera cosecha.

ÉPOCA DE COSECHA.- La primera cosecha se realiza a los dos años de haber sido sembrado, se obtiene una baja producción debido a que no todo el café ha madurado al mismo tiempo, quedando aún en el árbol frutos verdes y

pintones, que en la post-cosecha (recolección después de 15 días) serán pintones y maduros respectivamente, y así sucesivamente. Al año siguiente, se efectuará la segunda cosecha, la misma que dará una mayor producción que la primera. La época de cosecha de la especie *C. arábica* comprende los meses ubicados entre mayo y agosto; mientras que la especie *C. canephora*, normalmente se realiza la recolección de los frutos durante todo el año; a una frecuencia mensual.

SOBADO Y PEPITEO.- Existen dos maneras de cosechar el café: mediante el pepiteo; y, mediante el sobado. La cosecha mediante el sobado es la recolección brusca de todos los frutos, escogiendo de esta manera aquellos frutos no descados, como son los verdes, pintones y negros. La cosecha mediante el Pepiteo es la manera más eficiente de recolectar; ésta se la efectúa de manera manual seleccionando únicamente los frutos maduros; evitando así, la defoliación y destrucción de las ramas de los cafetos: logrando de esta manera prolongar su vida productiva.

BENEFICIO DEL CAFÉ.- Es el procedimiento en el cual a partir del café cereza, se obtiene el café pergamino seco. Se conocen dos métodos de beneficio del café: vía húmeda y vía cerrada.

Beneficio por vía húmeda. (Asegura una mejor calidad del producto)

1. *Recolección.*- Debido a que las cerezas no maduran uniformemente, es posible con una buena recolección, independientemente de otros factores, obtener un mayor número de granos de buena calidad. La recolección de los frutos se efectúa en el momento en que los cerezos se encuentran en su correcto grado de madurez, se debe tomar en cuenta de no escoger cerezos no descados; es decir, aquellos tiernos y maduros y/o secos.
2. *Despulpado.*.- Es la remoción de la Pulpa, envoltura roja del fruto del café. Es conveniente efectuar el despulpado el mismo día de la recolección, y cuando no es posible, hacerlo al día siguiente, con el propósito de evitar problemas por recalentamiento y fermentación, sabor "vinoso". En las despulpadoras de tipo manual o tecnológico se vierte el café cereza y si éstos están maduros la labor de despulpada se hace de una manera eficiente.
3. *Fermentación.*- Es el proceso mediante el cual se descompone el mucílago adherido al pergamino del café. Cuando el grano de café ha sido despulpado, queda recubierto de una capa mucilaginoso, que representa aproximadamente el 20% en el peso del fruto maduro. La fermentación se lleva a cabo por la acción de levaduras, hongos y bacterias, las mismas que se alimentan del azúcar del mucílago y de la pulpa.

4. *Lavado.*- Luego de la fermentación, se procede a lavar inmediatamente el café, con el propósito de eliminar todo el mucílago del pergamino y sustancias solubles formadas durante la fermentación.
5. *Secamiento.*- Inmediatamente después del lavado, se procede a secar el café por medio del secado natural (Sol) o el secado artificial, utilizando tecnología. Este proceso se lo debe hacer hasta que el café alcance un porcentaje de humedad, del $(11 \pm 1)\%$.
6. *Almacenamiento.*- Después del secamiento se procede a almacenar el café en sacos de yute debidamente pesados en kilos, en un lugar seco, ventilado y seguro; y, debe en lo posible, estar cubierto de madera o tarimas de este material debido a que el grano es muy sensible a absorber cualquier clase de olor y sabor, deteriorándose de esta manera su calidad.

Beneficio por vía seca.

Una vez cosechado el café cereza, es colocado en tendales de cemento para su secamiento hasta que alcance el estado denominado "bolsa seca". El café en este estado es directamente pilado, para obtener de esta manera el *café oro*.

DIVERSOS TIPOS DE CAFÉ.- El Ecuador no sólo produce café sino que también transforma al grano por medio de procesos tecnológicos en un nuevo

café, obteniendo de esta manera distintos tipos de café, para luego ser entregados al mercado interno y externo del país, dependiendo de los requerimientos de los consumidores.

- *Café cereza*: Se denomina así al café sacado directamente del árbol; es decir, sin pasar por ningún proceso.
- *Café pergamino*: Se lo obtiene luego del beneficio vía húmeda.
- *Café en grano*: Es el café verde que se obtiene luego de haberse hecho el beneficio, y se lo comercializa en un mayor grado.
- *Café oro*: Es el café que se obtiene luego del beneficio vía seca.

Café Industrializado

- *Café descafeinado*: Es el café al que se ha extraído la cafeína.
- *Café tostado y molido*: Es el resultado del tratamiento térmico del café verde, extracción de impurezas.
- *Café soluble*: Este es resultado de un proceso tecnológico por el que pasan el café tostado y molido.
- *Café atomizado (spray-dried)*: Es el resultado de un tostado y percolado (extraído), posteriormente sometido al calor y luego la pulverización.
- *Café liofilizado (freeze drying)*: Es un tipo de secado especial al frío, en el que se extrae al vacío el agua contenida.

1.2.3.1. EL PROBLEMA TRANSGÉNICO DEL CAFÉ

Luego de experimentar con el cacao y se lograron buenos resultados, la clonación del café, nació como medida para contrarrestar la crisis que vive el sector cafetero. Con el objetivo de ayudar a la caficultura, esta importante y eficaz medida torna distinto el proceso usual de producir café; ya que con esta técnica no usual y poco difícil, los caficultores logran obtener ventajas frente a los distintos factores que afectan negativamente a este cultivo.

El Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), clonó la variedad la robusta, debido a que esta especie presenta mayores ventajas frente a las otras; y además, es la única manera que tiene esta variedad para reproducirse, logrando con la clonación disminuir el tiempo de la primera aparición de los frutos; menor tamaño de la planta; facilitar las labores de campo como podas; mayor resistencia a ciertos tipos de enfermedades y/o plagas, características iguales a la planta madre; y, alcanza un igual o mejoramiento en la calidad de café garantizando la obtención de variedades mejoradas en calidad.

Se debe tomar en cuenta que con la clonación, también se disminuyen los costos por mano de obra; pues, la planta tiene un menor tamaño, lo cual disminuye la cantidad de obreros necesarios para hacer la recolección.

1.3. DESARROLLO Y PRODUCCIÓN DEL CAFÉ EN EL ECUADOR

1.3.1. EL CAFÉ EN EL ECUADOR

Los primeros cultivos de café en el Ecuador se dieron en el año de 1830; sin embargo, no se tiene conocimiento exacto dónde se iniciaron las primeras plantaciones, aunque investigaciones históricas revelan este inicio en la provincia de Manabí, zona de Jipijapa; extendiéndose de ahí en adelante a casi todo el territorio ecuatoriano, cubriendo en la actualidad el 20% del área agrícola.

Período 1990 – 1998

En 1990, el pacto administrativo de la O.I.C., con su objetivo de regular el mercado a través de cuotas de exportación, las cuales limitaban las exportaciones a ciertos países productores, se desplomó; debido a que los productores no lograron acordar cómo repartir el mercado. Ésto, ocasionó la desaparición de las cuotas; consecuentemente, los productores inundaron el mercado; lo que provocó un descenso en el precio del grano, cayendo a la mitad drásticamente en los mercados internacionales.

A más de los problemas de mercados externos, con un precio reducido a la mitad, también influyó la presencia de plagas; falta de tecnología apropiada;

cultivos fácilmente susceptibles a enfermedades, debido a su avanzada edad; y otros factores que terminaron por reducir la cosecha. En 1991, la Comunidad Europea decide eliminar los aranceles de importación de café a los países de Ecuador, Colombia, Bolivia y Perú, con el levantamiento de aranceles del 4% para el café en grano y del 9% para el café industrializado como recompensa en sus esfuerzos por controlar el tráfico de drogas. La producción mundial del café desde 1992 presentó un declive; por consiguiente Ecuador también, alcanzando una producción de 137.671 TM. Una nueva estrategia acordó el sector cafetalero para beneficiarse de los precios internacionales, creando el Plan de Retención de Café fijado por Brasil, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Honduras y Nicaragua; que consistía, en la limitación de la oferta de café a través de la asignación trimestral de exportaciones; iniciándose en todo el mundo el uno de octubre de 1993, con el objeto de retener proporcionalmente las exportaciones e incrementar los precios del grano.

Ecuador se adhirió a este plan, en enero de 1994, con una retención del 20% sobre las exportaciones con base al promedio móvil de 20 días; esta medida perjudicó al exportador, al tener que buscar financiamiento y amortizar en bodega miles de millones de sucres, cuyo costo financiero finalmente era trasladado al productor.

En 1995, Colombia desplazó a Brasil como el primer productor mundial de café, debido a las adversas condiciones meteorológicas ocurridas en las principales regiones cafetaleras de Brasil, tales como las heladas seguidas de sequías, registradas a mediados de 1994. Ante esta drástica caída, Ecuador tuvo mayor intervención en el rubro de exportaciones de café a nivel mundial. En este año, la especulación se hizo presente en vísperas de la aplicación de las medidas que entró a regir en el Ecuador, el uno de junio de 1995, limitando la producción a 1'400.000 sacos. Se tramitó la *Ley Especial del Sector Cafetalero* el 20 de marzo, para que se aplique una política crediticia más favorable básicamente para el productor; y así, se creó el *Fondo para el café*, el cual debe ser administrado por el COFENAC, y se financia a través de las exportaciones cafetaleras. Tomando en cuenta que Brasil y Colombia son los mayores exportadores del mundo, y que disminuyeron sus ventas al acogerse al plan de retención, los inventarios del grano en el resto de países decrecieron; y por consiguiente, los precios en el mercado internacional se incrementaron y los ingresos en el Ecuador mejoraron.

Los precios del café en grano se mantuvieron estables por acogerse al plan de retención, debido a que se limitaron los volúmenes de exportación; mientras que para el café soluble (industrializado), los precios se incrementaron.

Los países de Brasil, Colombia, Nicaragua, Costa Rica, Honduras y El Salvador, productores latinoamericanos que representan el 50% del mercado cafetalero, pactaron autolimitar en 15 millones de sacos de café en grano trimestralmente, las exportaciones mundiales del grano hasta junio de 1996; estimando un equilibrio entre las disponibilidades, las exportaciones y los consumos del café.

Ecuador y Colombia se unieron con el fin de combatir decididamente el problema de la broca y la roya ya que afectaba a sus zonas cafeteras, contando con el financiamiento del Banco Mundial, OIC (Organización Internacional del Café).

En 1996, en Ecuador surgieron controversias en torno al Plan de Retención con la limitación que se le dió a las exportaciones, ocasionando que los exportadores se encontraran ante la problemática e incertidumbre al almacenar el café en bodegas, ya que éste se veía afectado básicamente por la volatilidad de sus precios, la mediana calidad, y los costos altos de producción.

En 1997, las reservas del café en grano de los países consumidores disminuyeron, lo que produjo una recuperación de los precios del café a nivel internacional. Una forma de evitar la especulación en los precios de café, manteniendo la competitividad en el mercado, fue el hecho de producir un café de calidad, por el que se pague un precio mayor.

Los principales productos de exportación: petróleo, café, cacao y flores, registraron bajas en las exportaciones. El café fue el producto que generó la menor cantidad de divisas para los primeros cinco meses de ese año, reduciendo sus ingresos en un 50%, aproximadamente.

En 1998, a consecuencias de los estragos que trajo el Fenómeno "El Niño", Ecuador tuvo un mal año cafetalero, y provocó que el país redujera la cuota asignada de 1,4 millones a 1,1 millones de sacos, que se pondría en vigencia para el siguiente año. ^{0,3 millones} La producción tuvo una baja nunca antes vista como consecuencia de problemas climáticos; perjudicando no solamente la cantidad cosechada, sino también la calidad del café. Las provincias de mayor producción como Manabí y Pichincha, dedicadas al cultivo de café, mostraron una disminución radical en su porcentaje de producción sin alcanzar los niveles exigidos de aroma por el mercado internacional.

1.3.2. PRIMER CENSO CAFETERO EN EL ECUADOR

El Consejo Nacional de Estadísticas y Censo (CONEC), en sesión celebrada el 27 de marzo de 1984, autorizó al Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), realizar el Primer Censo Cafetero en el Ecuador con levantamiento de la información correspondiente al año de 1983; por esta razón, este censo se lo denominó "Censo Cafetero 1983".

La finalidad del censo cafetero, fue cuantificar y caracterizar el flujo económico de la actividad cafetera; es decir, buscar el equilibrio de la oferta y demanda con los productores y consumidores. Entre los factores que incidieron en esta investigación se encuentran: identificar la ubicación geográfica, régimen de tendencia, organización agropecuaria, superficie y uso de la tierra.

Entre los objetivos generales: facilitar la identificación de los principales problemas que afectan la producción y productividad cafetalera; disponer de una información suficiente y confiable de características agroeconómicas de las diferentes áreas cafetaleras; permitir la elaboración de programas y proyectos para racionalizar el uso de los recursos productivos.

Entre los Objetivos específicos: establecer un registro de unidades de producción cafetalera con sus principales características; determinar la superficie cafetalera actual, por provincias, cantones y parroquias, así como, el grado de dependencia cafetalera de los predios que lo cultivan; inventariar las variedades cultivadas y su nivel de rendimiento, según edad; cuantificar el crecimiento anual de la superficie cafetalera; determinar las características y la edad de los cafetales, de manera que se pueda localizar mejor los programas de renovación y mejoramiento de la productividad.

1.3.3. ORGANISMOS RELACIONADOS CON LA CAFICULTURA EN EL ECUADOR

COFENAC

El 20 de marzo de 1995, se creó el Consejo Cafetalero Nacional (COFENAC), con la finalidad de organizar y dirigir la política cafetalera del país. Entre las funciones de este organismo, está la de: Verificar el tipo de variedad del grano declarado en el Formulario Único de Exportación (FUE) y emitir el respectivo certificado de calidad de la variedad del café; realizar muestreos en el puerto de embarque del producto; y, disponer la conformación de una comisión interinstitucional para fijar los precios mínimos referenciales FOB de exportación de Café. Para el cumplimiento de sus objetivos cuenta con una asignación del 2 % correspondiente a las exportaciones de café en grano.

INIAP

En el año de 1962, se crea el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), con la finalidad de investigar sobre la problemática de los cultivos del sector cafetalero, encargando esta investigación a la estación de PICHILINGUE, ubicada en Quevedo, Provincia de Los Ríos. Los objetivos de éste organismo son: Tratar de reducir los costos de producción en los cultivos nacionales; mejorar la eficiencia en los cultivos de exportación;

suministrar productos de transformación en la industria; y, brindar entrenamiento profesional académico.

ANECAFÉ

Asociación Nacional de Exportadores de Café (ANECAFÉ), creado por Acuerdo Ministerial el 3 de enero de 1984; y, publicado en Registro Oficial el 5 de Abril de 1984, cuenta con su sede principal en Manta, y, se encarga de agrupar a organismos y apoyar a los agricultores cafeteros.

FENACAFE

Con la finalidad de representar a los caficultores, se creó la Federación Nacional de Caficultores (FENACAFE). Está constituida por uniones de cooperativas cafetaleras, las mismas que agrupan a cooperativas individuales de las diferentes provincias productoras de café.

OIC

La Organización Internacional del Café (OIC), nació en 1962, con sede en la ciudad de Londres, con la firma de 60 países entre productores y consumidores; la integran actualmente, 63 miembros (45 productores y 18 consumidores), que abarcan a toda la comunidad cafetalera internacional. Este organismo tiene la responsabilidad de acercar a los países productores y consumidores, para debatir cuestiones relativas a las políticas y adoptar

medidas correspondientes en el mercado. Los países importadores de la OIC son: Austria, Bélgica, Luxemburgo, Chipre, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Irlanda, Italia, Japón, los Países Bajos, Noruega, Portugal, España, Suecia, Suiza y Reino Unido.

Los países exportadores de la OIC son: Angola, Bolivia, Brasil, Burundi, Camerún, República Central Africana, Colombia, República del Congo, República Democrática del Congo, Costa Rica, Costa de Marfil, Cuba, República Dominicana, Ecuador, El Salvador y Guinea Ecuatorial, Etiopía, Gabón, Ghana, Guatemala, Guinea, Haití, Honduras, India, Indonesia, Jamaica, Kenya, Madagascar, Malawi, México, etc.

CORACAF

La Corporación Amazónica de Cafetaleros (CORACAF) fue creada por un Acuerdo Ministerial, el 9 de septiembre de 1998, con sede en la ciudad del Coca, Provincia de San Francisco de Orellana. Los objetivos son: Brindar asistencia técnica; desarrollar conocimientos comprobados en el sector cafetalero de la Amazonía; y, fortalecer el gremio de los caficultores de esta Región, para mantener recursos o capacidad de autofinanciamiento y de autogestión.

CORECAF

La Corporación Ecuatoriana de Cafetaleros (CORECAF), nació para proporcionar ayuda al sector cafetalero; ofrecer asistencia técnica; facilidades para autofinanciamiento; y, autogestionar a todo caficultor ecuatoriano.

APPC

La Asociación de Países Productores de Café (APPC), nació con el objeto de ampliar la cooperación entre países productores de café, a fin de contar con precios justos en el mercado internacional. El 19 de Septiembre de 1998, Ecuador oficializó su retiro de este segundo principal organismo en el ámbito internacional.

1.3.4. EXPANSIÓN DEL CAFÉ EN EL ECUADOR

El Ecuador es uno de los pocos países del mundo donde se cultivan las dos variedades de café más comercializadas: arábica y robusta. La producción total estimada anual es de 1'500.000 sacos de 60 kg., en condiciones climatológicas normales, correspondiéndole el 50% a la variedad arábica y 50% a la variedad robusta; con una superficie total cultivada de 375±25 mil has., con 129.747 agricultores cafeteros y 700 mil personas dependientes de este cultivo.

Cada país tiene como referencia un período que abarca todas las etapas del sistema cafetero, dicho período se lo denomina año cafetalero; en Ecuador, éste ocurre de octubre a septiembre, variando este período de acuerdo a la zona en que se cultive. Nuestro país, por poseer las dos especies de café, goza de la disponibilidad este producto durante la mayor parte del año y éste es un factor preponderante para nuestra competitividad.

El café se ha extendido en el Ecuador a casi toda la superficie continental; excepto, a la provincia de Tungurahua, en la que su cultivo es nulo; y, en las provincias del Carchi e Imbabura que es muy pequeña el área que se destina para este cultivo.

Existen provincias limitadas al cultivo de una sola especie, como son: Loja e Imbabura en las que sólo se cultivan variedades arábicas, ocupando una superficie sembrada de 32.000 y 60 hectáreas, respectivamente. La producción de la variedad arábica, predomina en las provincias de Manabí, El Oro, Loja, Zamora Chinchipe, Sucumbíos, Pichincha, Guayas, Azuay y Cañar; con un 90% o más, que se estima, ocupan una superficie total cultivada de 188 mil hectáreas. La variedad robusta, se cultiva principalmente en las provincias orientales.

Tabla 1.7
ECUADOR:
SUPERFICIE Y VARIEDADES CULTIVADAS
1999
(Hectáreas por provincias)

COSTA	TOTAL	ARÁBICA	ROBUSTA
1 El Oro	11.000	10.800	200
2 Esmeraldas	18.000	4.500	13.500
3 Guayas	19.300	16.500	2.800
4 Los Ríos	58.000	23.000	35.000
5 Manabí	123.800	122.000	1.800
Total Costa	230.100	176.800	53.300
ORIENTE			
6 Morona Santiago	1.870	70	1.800
7 Napo	32.000	0	32.000
8 Pastaza	1.100	100	1.000
9 Zamora Chinchipe	2.344	2.200	144
10 Sucumbíos	17.620	120	17.500
11 Orellana	21.060	60	21.000
Total Oriente	75.994	2.550	73.444
SIERRA			
12 Azuay	415	400	15
13 Bolívar	13.000	7.500	5.500
14 Cañar	850	700	150
15 Carchi	0	0	0
16 Cotopaxi	11.000	3.000	8.000
17 Chimborazo	880	850	30
18 Imbabura	80	80	0
19 Loja	32.000	32.000	0
20 Pichincha	33.800	2.800	31.000
21 Tungurahua	0	0	0
Total Sierra	92.025	47.330	44.695

Fuente: Banco Central del Ecuador, datos transitorios.

Tabla 1.8
ECUADOR:
PARTICIPACIÓN POR PROVINCIAS
1999
(Hectáreas por provincia y participación)

PROVINCIAS	SUPERFICIE COSECHADA		
	Has	% Nacional	% Regional
Total nacional	374.633	100%	
Sierra	96.936	25.87%	100%
1 Carchi	400	0.11	0.41
2 Imbabura	9	0.00%	0.01%
3 Pichincha	12.500	11.34%	43.84%
4 Cotopaxi	3.987	1.06%	4.11%
5 Tungurahua			
6 Chimborazo	600	0.16%	0.62%
7 Bolívar	9.915	2.65%	10.23%
8 Cañar	225	0.06%	0.23%
9 Azuay	800	0.21%	0.83%
10 Loja	38.500	10.28%	39.72%
Costa	220.361	58.82%	100%
11 Esmeraldas	16.520	4.41%	7.50%
12 Manabí	120.000	32.03%	54.46%
13 Guayas	18.500	4.94%	8.40%
14 Los Ríos	55.085	14.70%	25.00%
15 El oro	10.256	2.74%	4.65%
Oriente	57.336	15.30%	100%
16 Sucumbios	30.000	8.01%	52.32%
17 Napo	22.356	5.97%	38.99%
18 Pastaza	nd	nd%	nd%
19 Morona Santiago	nd	nd%	nd%
20 Zamora chinchipe	4.980	1.33%	8.69%
21 Orellana	nd	nd%	nd%

Fuente: <http://www.sica.gov.ec/cadenas/calé/docs/supprodrend99.htm>

Ministerio de Agricultura y Ganadería MAG-DIA - Direcciones provinciales
 (datos provisionales). Proyecto SICA/MAG.

*Predomina la variedad Arábica **Predomina la variedad Robusta.

Nota: no disponible (nd).

La provincia de Manabí es una zona potencialmente productiva para el cultivo de café, representa un papel importante en la caficultura del Ecuador, debido a que ofrece el mayor porcentaje de producción nacional con aproximadamente el 32% y un 54% de la producción en la región litoral; las variedades arábicas ocupan aproximadamente el 95% de toda la producción de café en esta provincia.

La caficultura en la provincia de Loja

La provincia de Loja, principalmente el cantón Puyango, es otra zona potencialmente productora de café. El clima que posee esta provincia es favorable para este tipo de cultivo, por lo que hace que Loja se distinga en producir café de alta calidad, siendo una de las mayores fuentes de producción cafetalera de calidad en las variedades arábicas; y, nula en producción de la variedad robusta. Puyango representa el 40% de la producción total de la provincia de Loja.

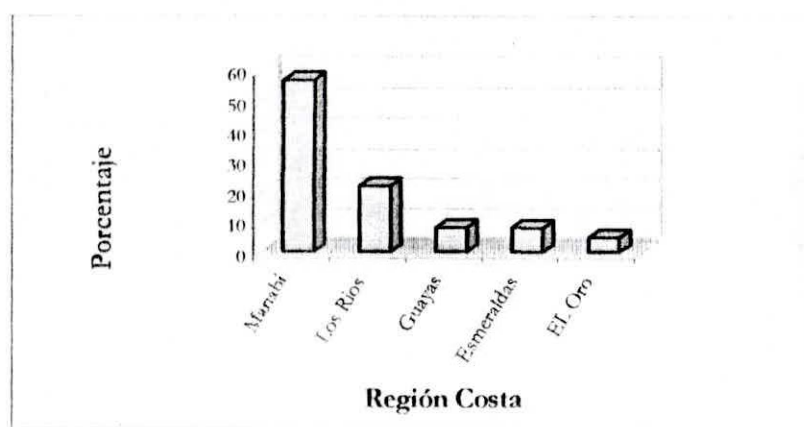
La caficultura en el Oriente ecuatoriano

Las provincias del Oriente se destacan por ofrecer casi toda la producción nacional de la variedad robusta; esto se debe, al clima que poseen las provincias del Oriente ecuatoriano; y, a métodos de reproducción como la clonación, mayormente empleados en este sector. El Oriente ecuatoriano es también una

zona potencialmente productiva para el cultivo del café, existiendo aproximadamente 130 mil hectáreas sembradas; con excepción, de Zamora Chinchipe que constituye aproximadamente el 4% de la producción total de las provincias del Oriente y sólo se dedica al cultivo de la variedad arábica.

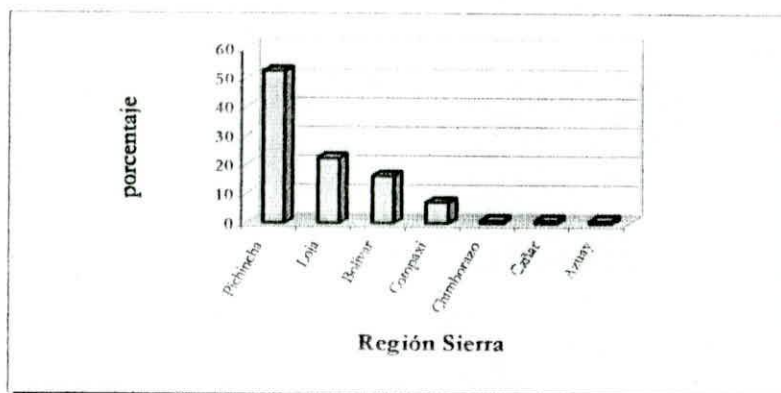
En este sector, de las 25 mil fincas cafetaleras que existen, cada una tiene un promedio de 5 hectáreas dedicadas al cultivo del café con un rendimiento promedio de 6 ± 1 qq. por hectárea al año; destinando su producción a la venta de café verde; y, muy poco o casi nada al autoconsumo.

Gráfico 1.7
ECUADOR:
SUPERFICIE DE CULTIVO EN LA
REGIÓN COSTA
1999



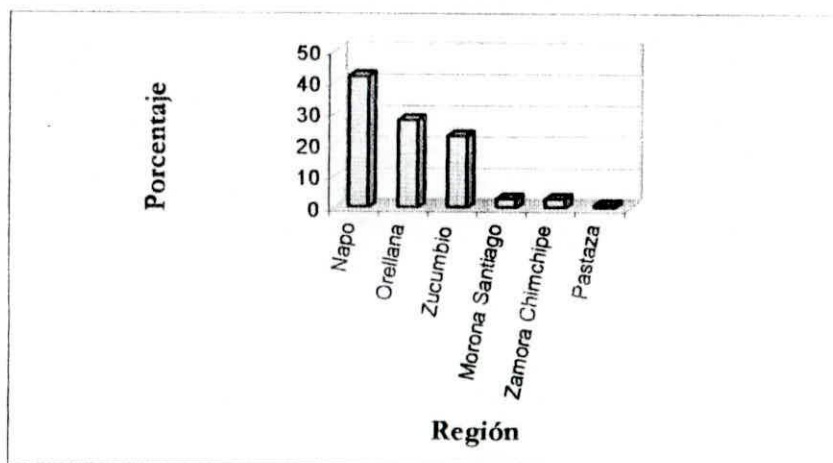
Fuente: (MAG) Ministerio de Agricultura y Ganadería, Proyecto SICA/MAG.

Gráfico 1.8
ECUADOR:
SUPERFICIE DE CULTIVO EN LA
REGIÓN INTERANDINA
1999



Fuente: (MAG) Ministerio de Agricultura y Ganadería, Proyecto SICA/MAG.

Gráfico 1.9
ECUADOR:
SUPERFICIE DE CULTIVO EN EL
ORIENTE
1999



Fuente: (MAG) Ministerio de Agricultura y Ganadería, Proyecto SICA/MAG.

1.3.5. ZONIFICACIÓN DEL CULTIVO DE CAFÉ EN ECUADOR

Gráfico 1.10
ECUADOR: ZONAS CAFETALERAS
ARÁBIGAS – ROBUSTA
1999 - 2000



1.4. EL CAFÉ EN LA ECONOMÍA NACIONAL

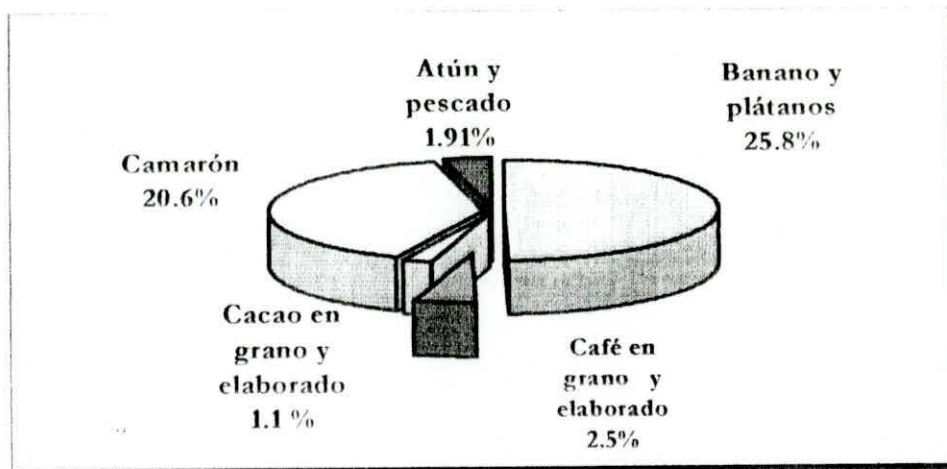
El Ecuador es un país tropical que está atravesado, de norte a sur, por la Cordillera de los Andes; dividiendo al país en tres regiones que brindan una riqueza en vegetación, clima, flora, fauna y minerales. Por tener una vegetación exuberante y variada favorece al cultivo del café; constituyéndose en uno de los principales productos de nuestra agricultura; consecuentemente, su producción y exportación beneficia a la economía nacional; generando fuentes de trabajo, fortaleciendo las exportaciones e ingreso de divisas. El banano, café y cacao, constituyen tres de los productos agrícolas más importantes en las exportaciones de los productos tradicionales. El café actúa como fuente generadora de divisas, contribuyendo al equilibrio de la balanza comercial. A nivel nacional, ocupa el tercer puesto entre los productos tradicionales. Ver Tabla 1.9.

Tabla 1.9
ECUADOR: EXPORTACIÓN DE PRODUCTOS TRADICIONALES
1998
(Miles de dólares FOB)

<i>Producto</i>	<i>1998</i>	<i>Participación (Prod. Tradicionales)</i>	<i>Participación (Total)</i>
		<i>(%)</i>	<i>(%)</i>
Banano y plátanos	1'070.041	49.72 %	25.89 %
Camarón	851.785	39.58 %	20.61 %
Café en grano y elaborado	104.395	4.85 %	2.53 %
Atún y pescado	79.890	3.71 %	1.93 %
Cacao en grano y elaborado	46.010	2.14 %	1.11 %
Total productos tradicionales	2'152.121	100 %	52.07 %
Total Exportación	4'133.159		100 %

Fuente: *Cifras provisionales del Banco Central del Ecuador Enero 31, 1999.*

Gráfico 1.11
ECUADOR: EXPORTACIÓN DE PRODUCTOS
TRADICIONALES
1998



Fuente: *Cifras provisionales del Banco Central del Ecuador Enero 31, 1999*

En el Ecuador se ha desarrollado la actividad cafetalera de acuerdo a la capacidad de recursos existentes dentro del país; es decir, con instrumentos de trabajo rudimentarios; poca tecnología que ingresa al país y no es utilizada por todos los productores; la falta de capacidad económica; la forma de trabajo tradicional; la ausencia de asesoramiento técnico; y, desórdenes climáticos como sequías e inundaciones. La carencia de técnicas en los centros de cultivo y la falta de mecanización, trae como consecuencia una baja productividad; por lo que introduciendo nuevas y mejores técnicas en las distintas fases del cultivo, se podría duplicar la producción. Además, la falta de vías de penetración, impiden incorporar a la producción extensas áreas potencialmente productivas.

Entre los principales factores económicos que afectan el nivel productivo, se encuentran: La mala distribución de la tierra; la migración de la mano de obra del campo a la ciudad; el deficiente servicio crediticio existente en el Ecuador por parte de las entidades del gobierno que no brindan la ayuda necesaria para realizar un verdadero programa de crédito rural; pues, para mejorar su productividad, necesitan invertir capital que no poseen, puesto que la productividad se mide en relación a los costos. La insuficiencia de lugares de almacenamiento y la carencia de una adecuada política de comercialización no protegen los intereses de los cafetaleros.

Por factores externos, se han presentado en el ámbito mundial, variaciones estacionales en los precios del café, un ejemplo de ello fueron las bajas en las cosechas del Brasil, que se presentaron por anomalías climáticas como: sequías y heladas. Estas anomalías traen como resultado la elevación de los precios, y esta elevación, incentiva la ampliación de las superficies de cafetales que cuando ingresan al proceso productivo, aumenta la oferta exportable, originando la caída de los mismos y un desequilibrio entre oferta y demanda.

1.4.1. OFERTA Y DEMANDA DEL CAFÉ EN EL ECUADOR

La cantidad de países a los cuales el Ecuador exporta café en grano, se redujo de 33 a 25 países en 1999; de los cuales, el mayor comprador de café

ecuatoriano en grano fue Estados Unidos, quien compró el 51%. Entre los principales importadores de café en grano ecuatoriano, a más de E.E.U.U., tenemos a Chile (12%) y España (11%). Ver Tabla 1.10.

Tabla 1.10
ECUADOR: OFERTA EXPORTABLE
(Por país de destino)
1999
CAFÉ EN GRANO

<i>DESTINO</i>	<i>1999 (1000 US\$ FOB)</i>	<i>(%)</i>
Estados Unidos	32,379	57 %
Chile	7,753	12 %
España	6,592	11 %
Italia	4,227	7 %
Holanda	3,191	5 %
Alemania	1,991	3 %
Bélgica	142	0 %
República Checa	93	0 %
Otros	7,226	11 %
TOTAL	63,813	100 %

Fuente: Banco Central del Ecuador, Marzo 31, 1999.

Por otra parte, el café industrializado ha sido exportado principalmente a Alemania y Japón con un 19% y 25%, respectivamente, en el año 1998. Ver Tabla 1.10. El número de países hasta donde nuestro café industrializado llegó ha variado en los últimos años exportándose en 1993 y 1994 a 24 países, en 1995 a 30; y, en 1998 27 países.

Tabla 1.11
ECUADOR: OFERTA EXPORTABLE
(Por país de destino)
1999
CAFÉ INDUSTRIALIZADO

<i>DESTINO</i>	<i>1999 (1000 US\$ FOB)</i>	<i>(%)</i>
Alemania	7,517	24 %
Japón	5,848	19 %
Holanda	3,782	12 %
Reino Unido	3,578	12 %
Polonia	3,510	11 %
Estados Unidos	1,553	5 %
Israel	1,386	5 %
México	662	2 %
Otros	2,874	9 %
TOTAL	30,710	100 %

Fuente: Banco Central del Ecuador

En cuanto a la demanda, ésta se la clasifica en dos tipos: demanda interna o consumo interno y, demanda externa. El consumo interno, se divide en demanda de consumo doméstico y demanda para consumo industrial; donde la primera ha venido ganando terreno cada vez más hasta alcanzar niveles casi iguales a la del consumo industrial. De la producción anual del país alrededor del 10% se destina al consumo interno; y, éste a su vez, al consumo doméstico e industrial, mientras que el otro 90 % es dirigido a la exportación u oferta exportable. Se entiende por demanda externa, a la cantidad de café que se consume en todo el mundo. En la Tabla 1.12 se muestra la información referente a la demanda interna, a través de los últimos 6 años, en comparación

con la oferta exportable. Con respecto a la demanda externa, podemos anotar que aunque el café no es un producto de primera necesidad, es muy apetecido, al punto de ocupar el segundo puesto de comercialización en el mundo.

Tabla 1.12
ECUADOR: PRODUCCIÓN, DEMANDA Y OFERTA
EXPORTABLE DE CAFÉ EN GRANO
1993 - 1998

	<i>Producción</i>	<i>Demanda interna</i>	<i>Oferta exportable</i>
1993	2.069	350	1.719
1994	2.376	350	2.026
1995	1.888	350	1.538
1996	1.993	300	1.693
1997	1.191	300	891
1998	1.260	300	960

Fuente: Boletín anual de la OIC, *Statistic on coffee* 1999

Comercialización del café

Junto con la oferta y demanda, el sector cafetalero ha tenido desde tiempos pasados muchas dificultades en su comercialización: ya sea por existir una cadena muy extensa de intermediarios; o, por ^{Factores:} la incapacidad de trasladar el grano de los sitios de producción; por las limitaciones de vías de acceso, o, por los costos que acarrearán una transportación, originando así una problemática para el sector cafetalero pues, el incremento inusitado que le otorga la cadena de intermediarios comerciantes provoca que la fase de comercialización encarezca el precio real del producto.

Con el fin de crear nuevos métodos de comercialización, se crean las cooperativas, las mismas que prevalecen con el criterio de constituirse en exportadoras directas del producto. Actualmente no se ha logrado cumplir totalmente con este objetivo, debido a que existen obstáculos como los de pequeños caficultores que no desean unirse a este sistema; y, en vez de entregar su producción a las cooperativas, entre otras razones, prefieren integrarse a la red de comerciantes intermediarios. Otra de las causas por las que se formaron las cooperativas, ha sido el estímulo a las cuotas de exportación; es decir, los productores pretenden que se les aumente la cuota de exportación asignada por el COFENAC.

En cuanto a la forma de comercializar en el mercado interno, del 10 % asignado a éste, se vende en su mayor parte a las industrias procesadoras para que lo expendan al público interno consumidor como café soluble. Entre las empresas que fabrican café soluble tenemos: El Café S.A., Solubles Instantáneos C.A. y Buencafé.

No obstante, actualmente no ha sido superado en su totalidad el método de vender el café molido en funda, el mismo que es preparado directamente en los hogares; el cual es un factor que afecta la calidad de nuestro café; pues debido a esta clase de tratamiento que se le da al grano y al bajo precio que se lo consigue, los consumidores internos no se interesan en la calidad del café

que reciben, lo que provoca que el mercado interno sea conformista y no exigente en cuanto a la calidad de café que se les ofrece.

El productor individual también puede exportar directamente su café sin necesidad de incorporarse a las cooperativas; si tiene los medios económicos suficientes para realizar toda la trayectoria de comercialización.

En todo el sistema de comercialización, la acción más generalizada, ocurre cuando el productor vende su producto al intermediario del cantón; éste a su vez, vende al intermediario provincial; y el provincial, vende a los mayoristas nacionales los cuáles, lo exportan o lo venden a las industrias, haciendo de todo esto, un largo proceso de comercialización que resulta para los productores una desventaja frente a los intermediarios o vendedores finales, quienes se benefician en cantidades exorbitantes con respecto al precio pagado inicialmente al productor.

Para la comercialización externa, al grano de café se lo somete a procesos tecnológicos que lo transforman en un grano de mejor calidad, por lo que en su comercialización se obtendrá un aumento en el precio, no solo por su variedad, sino también por la calidad que éste ofrece. Para asegurar una mejor calidad en la comercialización a nivel externo, el COFENAC, en los puertos

de Manta y Guayaquil a través de controles de calidad, por medio de técnicas muestrales, se encarga de verificar la calidad del café que se exporta.

Las calidades *C. arábigo lavado* y *C. arábigo natural*, hacen reconocido al Ecuador como productor a nivel internacional y junto con otros países en las bolsas de productos ubicados entre los otros suaves (other mild arabicas). Los principales mercados donde se comercializa y cotiza el café son: El Coffee, Sugar and Cacao Exchange de Nueva York, básicamente cotizaciones de café arábigo y Coffee Terminal Market de Londres, donde se fijan precios para el café Robusta.

No está de más resaltar, que la falta de capitales para funciones de mercadeo se identifica como factor determinante para el normal desenvolvimiento de la producción cafetalera. En la actualidad, la falta de cobertura gubernamental al no ejecutar un plan de acción tendiente a la adquisición del grano admite la presencia del intermediario. Sería conveniente, que la intervención del Estado sea efectiva y directa implementando una red de silos que le permita adquirir la producción, o en su defecto, fomentar de una forma más efectiva al caficultor, para que éste pueda asumir funciones en la comercialización de su producto; y de esta forma, librarse de la usurera intervención del intermediario, que a la larga, lo único que hace es perjudicar a todo el sector cafetalero.

1.4.2. EL IMPACTO DEL FENÓMENO “EL NIÑO” EN EL SECTOR CAFETALERO NACIONAL

El fenómeno “El Niño” a través de los años, ha sido una de las principales causas en la disminución de la producción del café e impedimento para el crecimiento de este sector. En el período de 1997 a 1998, el Ecuador sufrió uno de los peores fenómenos por la intensidad de las lluvias que provocaron graves daños en el país, especialmente en la región costa donde se produjeron pérdidas en el área sembrada, reducción en la producción y cosecha. La principal zona productora de café: la provincia de Manabí, se vio severamente afectada, lo que causó un desequilibrio en el sector cafetalero; debido a que esta zona es la que mayormente aporta al nivel productivo de café al Ecuador. En la Tabla 1.13 se aprecia como a través de los años el fenómeno El Niño ha afectado a la producción y exportaciones de café.

En 1997, surgió una crisis cafetalera como consecuencia de los estragos de este fenómeno; pues los productores de café ni siquiera lograron alcanzar un millón cuatrocientos mil sacos (60 kilos) de café en grano que fue su cuota asignada, debido a que sólo podían producir niveles por debajo del millón doscientos mil sacos de café.

El fenómeno El Niño, también afectó a la calidad del café pues ésta disminuyó notablemente debido a que los caficultores cosechaban antes de lo normal por la amenaza de los aguaceros; y éstos, hacían caer el café maduro y luego se perdía.

Tabla 1.13
ECUADOR: FENÓMENO "EL NIÑO" Y EL
SECTOR CAFETALERO
1971-1998

<i>AÑOS CAFETALEROS</i>	<i>AÑOS DEL FENÓMENO</i>	<i>PRODUCCIÓN (Miles de sacos)</i>	<i>EXPORTACION (Miles de sacos)</i>
1971	1972	1140	832 ✓
1972		1349	968
1973		1306	1044
1974		1064	935
1975		1309	1145
1976	1976/77	1824	1522 ✓
1977	1977/78	1378	994 ✓
1978		1903	1645
1979		1626	1358
1980		1437	1015
1981	1982/83	1907	1203 ✓
1982		1950	1619
1983		1535	1333
1984		1388	1386
1985	1986/87	1989	1626 ✓
1986		2175	1980
1987		1884	1826
1988		2205	1405
1989		2485	1871
1990		1504	1628
1991	1991/95	2123	1471 ✓
1992		1486	1289
1993		2069	1589
1994		2376	2155
1995		1888	1439
1996	1996/98	1999	1499 ✓

Fuente: MAC Ministerio de Agricultura y Ganadería..

En su última aparición el fenómeno El Niño provocó: pérdidas en el área sembrada (disminución de la superficie); destrucción de la floración que coincidió en los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre; reducción de la producción exportable del Ecuador a 1 millón de quintales; disminución de ingresos; reducción del monto asignado de las exportaciones a 620 mil sacos debido a la caída de la producción cafetalera; reducción significativa en el volumen de exportación, tomando en cuenta que el promedio de exportación de Ecuador es de 1.5 millones de sacos de 60 kilos.

1.4.3. LA CALIDAD DEL CAFÉ ECUATORIANO

La caficultura del Ecuador tiene entre sus metas lograr un mejoramiento en la calidad del café que se produce para poder elevar su competitividad internacional y que de esta manera nuestro café sea más apreciado, valorado, y por consiguiente, mejor pagado. La calidad del café está relacionada directamente por factores como: su especie, la variedad a la que pertenecen, su medio ecológico, prácticas culturales, métodos de cosecha, el beneficio aplicado, secamiento, almacenamiento, características físicas del grano (tamaño, forma, uniformidad, color); que van desde el inicio de su cultivo hasta el momento de su venta.

La calidad del café se determina de acuerdo a sus características organolépticas tales como: acidez, aroma, cuerpo y sabor. Estas características son definidas a través de las denominadas "pruebas de taza" que consisten básicamente en la medición dichas características.

La acidez, está relacionada con la altitud a la que pertenece un grano de café; esto significa que, a mayor altura sobre el nivel del mar, la acidez tiende a incrementarse. Específicamente en Ecuador, ocurre en las zonas ubicadas sobre las estribaciones occidentales de la región interandina. Normalmente los grados de acidez con los cuales se clasifica al café son: alta (aguda y penetrante), mediana, ligera, escasa y carencia absoluta. El aroma está determinado por el contenido de lípidos; se refiere a la fragancia de la bebida: fina, fragante y penetrante; es la manifestación de un buen café. El cuerpo del café, está determinado por el contenido de sólidos solubles; en cuanto al sabor, éste se relaciona directamente con el gusto del consumidor.

Las bebidas que producen las especies arábicas y robustas son distintas entre sí, las variedades arábicas producen una bebida suave, de aroma agradable, buena acidez y mediano cuerpo; en cambio, el café robusta, produce una bebida de sabor amargo, con aroma y acidez bajos, pero de buen cuerpo. Con respecto a la cantidad de cafeína, la variedad robusta contiene más cafeína que los otros en cuanto al contenido de los lípidos que es un factor determinante

para el aroma del café; los arábigos, son más aromáticos. El contenido de sólido solubles compuesto por hidratos de carbono y proteínas antes de la preparación del producto, se presenta en igual proporción en las dos especies; de ésta manera, se puede decir: que el café arábigo que produce Ecuador es de mejor calidad que el robusta. En la Tabla 1.14 se presentan las diferencias de las dos especies en sus características organolépticas.

Tabla 1.14
ECUADOR:
CALIDAD ARÁBIGA VS. CALIDAD ROBUSTA

	<i>Arábigos</i>	<i>Robusta</i>
Acidez	Buena	Baja
Aroma	Bueno	Bajo
Cuerpo	Mediano	Bueno
Sabor	Suave	Amargo
(%) Cafeína	1.015 %	1.61 ^o %
Lípidos (aceites y grasas)	10.85 %	6.94 %
Sólido Solubles	28.6 %	28.6 %

Fuente: *Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INLAP)*

Aunque Brasil sea el mayor productor de café, no posee café de tan alta calidad como el de Colombia; es por esto, que para asignar precios a los cafés provenientes de otros países se toma como referencia el café colombiano y se los castiga asignándoles un precio menor al real, debido a la baja calidad que su grano posee. La calidad del café ecuatoriano es comparable con la calidad de café que producen los países centroamericanos, específicamente, nuestra

calidad es menor que la del café que produce El Salvador; es por esto, que debido a la calidad que posee el café ecuatoriano, el Ecuador es castigado en su precio con 4 centavos por libra respecto al precio pagado por el café de El Salvador.

Se debe tomar en cuenta que mientras más procesado y tratado sea el café, es de mayor calidad y mejor pagado en el mercado. Entre los tipos de café que el Ecuador exporta se encuentran: café arábigo lavado, café arábigo natural o corriente, café arábigo lavado extra superior, café arábigo natural superior, café arábigo extra superior, café robusta y el café resaca; siendo el café lavado extra superior el de mejor calidad por cuanto al sabor y aroma que posee, el cual está destinado sólo a la exportación; mientras que para los requerimientos del mercado interno se tiene un café de menor calidad.

En la actualidad, en el Ecuador no existe normativa vigente para la calidad del café a exportar; ya que las exigencias en cuanto a calidad, están a expensas específicamente del comprador. Con el objeto de facilitar la comercialización a los niveles internacionales, la calidad del café en grano se basa en estándares referidos en la tabla de defectos de la norma ISO 10470 de 1993; con respecto a la calidad del café soluble, la Asociación de fabricantes de café soluble de la Comunidad Europea, utilizando como base las normas de ISO 11292 de junio

de 1995 para los cafés solubles, controla la adulteración del café; es decir, que no sea mezclado con materias primas o mermas.

1.4.4. SITUACIÓN ACTUAL DE LA CAFICULTURA EN EL ECUADOR

Debido a la pérdida de competitividad del grano de café ecuatoriano en el mercado internacional, la situación del sector productivo del café en el Ecuador está atravesando una profunda crisis, por lo que las exportaciones ecuatorianas llegan a menos del 2% de la oferta exportable a nivel mundial. Esta realidad se debe a la poca eficiencia que tiene la producción por unidad de superficie y a la mala calidad del producto que ofertamos, siendo castigados en el comercio internacional con US\$ 4 y hasta US\$ 7, el saco de 45,35 Kg.

La crisis económica que vive el Ecuador, afecta en todas las direcciones a este sector; pues uno de los peores factores se presenta cuando los caficultores, debido a esta recesión, optan por el abandono de sus parcelas y/o descuido de los cultivos, en busca de mejores niveles de vida.

Luego de la última aparición del fenómeno "El Niño", los cafetales quedaron en su mayor parte destruidos y afectados, por lo que este sector necesita una gran inversión.

Actualmente, el café es cultivado en 19 de las 22 provincias del territorio nacional, distribuidos en 127 mil unidades de producción que cubren aproximadamente 375±25 mil has. equivalentes a un poco menos del 20% de la superficie cultivable del país.

Es un hecho la adopción de mejores métodos de cosecha, estimándose que: si se cultivara en lugares potenciales; si se procesara en buena forma el café; si se efectuasen correctamente las labores de campo como podas; si se llevase un aseguramiento continuo de la calidad y demás cuidados que requiere una plantación de café, entonces los costos bajarían de modo apreciable debido al crecimiento de la productividad; y por ende, el Ecuador se beneficiaría enormemente por el aumento de la oferta exportable y de los precios.

CAPÍTULO II

DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES QUE INCIDEN EN LA PRODUCCIÓN DEL CAFÉ EN EL ECUADOR

2. DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES QUE INCIDEN EN LA PRODUCCIÓN DEL CAFÉ EN EL ECUADOR

2.1. INTRODUCCIÓN

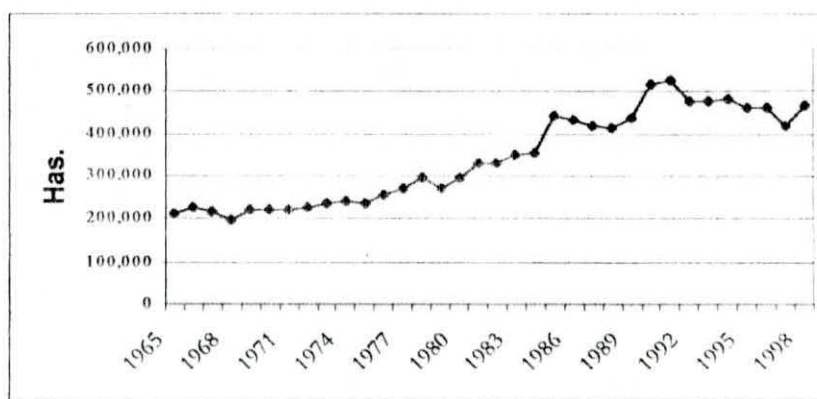
El objetivo del presente capítulo es presentar las variables, que a nuestro juicio, son relevantes para un estudio acerca de la producción cafetalera del Ecuador. Las variables que se considerarán son de carácter económico y agrícola definidas durante el período *mensual* de enero de 1990 a diciembre de 1998 y el período *anual* 1965 a 1998. Las observaciones correspondientes a cada variable incluyen las dos variedades de café que se cultivan en el Ecuador: arábica y robusta.

Cabe resaltar, que para las variables anuales no existe información publicada correspondiente a los años 1999 y 2000; mientras que para el caso de las variables de tipo mensual, no existe para todas las variables información disponible de los meses de 1999 y 2000, razón por la que se definió el período referencial mensual de 1990-1998.

2.2. SUPERFICIE SEMBRADA

La superficie sembrada es la cantidad de hectáreas dedicada al cultivo del café. Debemos notar, que para regular el ingreso de luminosidad al cafetal, dentro de esta superficie también se encuentran, en poca proporción, permanentemente otros cultivos. La superficie sembrada se ha incrementado a lo largo de los años debido a la capacidad que tiene el cultivo del café para adaptarse fácilmente a distintas condiciones climáticas que brinda el Ecuador; excepto, en las provincias de Tungurahua y Carchi en las que es nulo, Manabí es la provincia que abarca la mayor cantidad de hectáreas cultivadas de café. Su unidad de medida está dada en hectáreas (has.), definida durante el período anual: 1965-1998. Ver Tabla 2.1 y Gráfico 2.1.

Gráfico 2.1
ECUADOR: SUPERFICIE SEMBRADA
Hectáreas
1965 - 1998



Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, boletín anual Superficie sembrada - Superficie cosechada - Producción y Rendimiento, 1965-1998.

Tabla 2.1
ECUADOR: SUPERFICIE SEMBRADA
Hectáreas
1965 - 1998

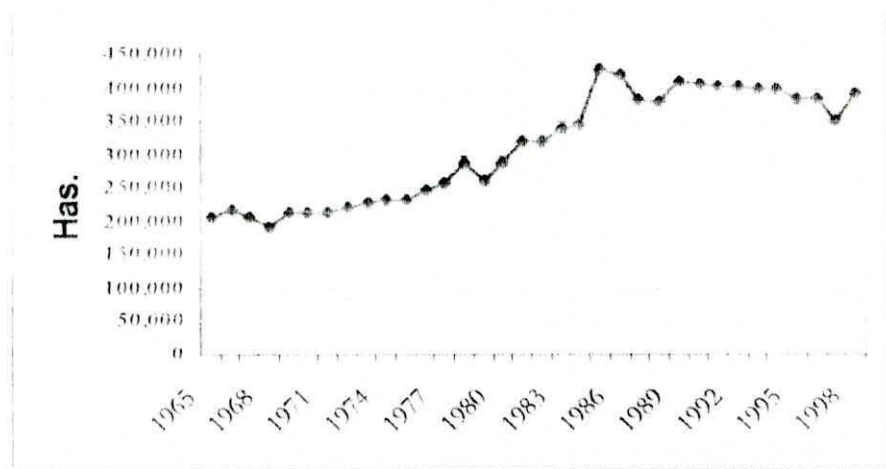
<i>Años</i>	<i>Has</i>	<i>Años</i>	<i>Has</i>
1965	211751	1982	331904.56
1966	224539	1983	349531
1967	211829	1984	355727
1968	197187	1985	440271
1969	221143	1986	433600
1970	221523	1987	416100
1971	221574	1988	415270
1972	228224	1989	437070
1973	234414	1990	517709
1974	239031	1991	524678
1975	237851	1992	476692
1976	251375	1993	476124
1977	268099	1994	479856
1978	296137	1995	460812
1979	269786	1996	461568
1980	296972	1997	420000
1981	330897	1998	467738

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, *boletín anual Superficie sembrada - Superficie cosechada - Producción y Rendimiento, 1965-1998*.

2.3. SUPERFICIE COSECHADA (*Producción*)

Se define como superficie cosechada a la cantidad de hectáreas productivas de café dentro de la superficie cultivada, es decir, representa la superficie aprovechada de toda la superficie sembrada de café. Se mide en hectáreas (has.), definida durante el período anual: 1965-1998. Ver Tabla 2.2 y Gráfico 2.2.

Gráfico 2.2
ECUADOR: SUPERFICIE COSECHADA
 Hectáreas
 1965 – 1998



Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, *boletín anual Superficie sembrada – Superficie cosechada – Producción y Rendimiento, 1965-1998*.

La poca cantidad de hectáreas sembradas y cosechadas de café desde la década de los sesenta y la presencia del fenómeno "El Niño", provocaron que en 1968 se coseche la mínima cantidad de hectáreas de café con 191.230 has. Mientras que en 1985, 426.969 has. fue la máxima cantidad de hectáreas cosechadas, ya que en los pocos años anteriores a éste, el precio del café empezó a incrementarse, provocando en los productores un incentivo para el aumento de áreas destinadas al cultivo del café y con el su aumento en la cosecha.

Tabla 2.2
ECUADOR: SUPERFICIE COSECHADA
Hectáreas
1965 - 1998

<i>Años</i>	<i>Has</i>	<i>Años</i>	<i>Has</i>
1965	205354	1982	321877
1966	217755	1983	338971
1967	208339	1984	344980
1968	191230	1985	426969
1969	214162	1986	420500
1970	214830	1987	383100
1971	214880	1988	381130
1972	221329	1989	408680
1973	227332	1990	406880
1974	231809	1991	403870
1975	230665	1992	400460
1976	246690	1993	396770
1977	260000	1994	399880
1978	287190	1995	384010
1979	261635	1996	384640
1980	288000	1997	350000
1981	320900	1998	389782

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, boletín anual Superficie sembrada – Superficie cosechada – Producción y Rendimiento, 1965-1998.

2.4. PRODUCCIÓN

La variable producción se refiere a la cantidad en toneladas de café en grano que se obtiene dentro de la superficie cosechada durante un período específico. La época de cosecha de las variedades arábigas es entre los meses mayo y agosto; mientras que la de la variedad robusta ocurre de manera mensual, lo cual provoca que el Ecuador constantemente produzca café durante el año.

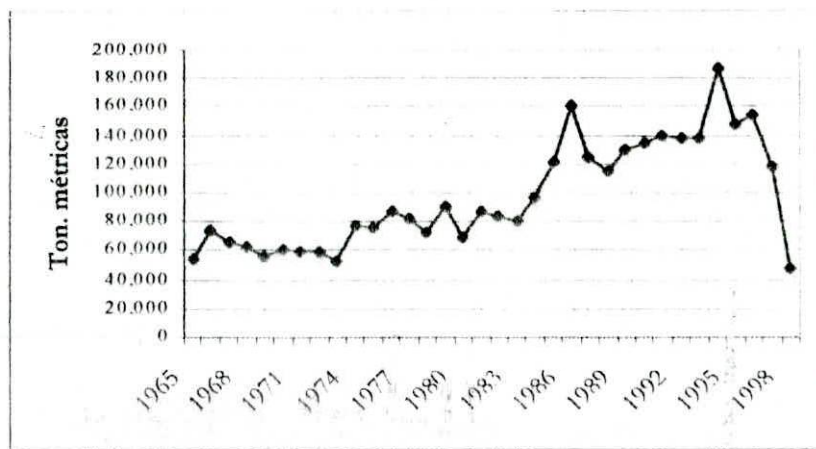
Producción, es una variable que desempeña un papel determinante en el crecimiento de la economía nacional a través de las exportaciones de café en grano. Se mide en toneladas métricas (tm.), durante el período anual: 1965-1998. Ver Tabla 2.3. y Gráfico 2.3.

Tabla 2.3
ECUADOR: PRODUCCIÓN DE CAFÉ
Toneladas métricas
1965 - 1998

<i>Años</i>	<i>tm.</i>	<i>Años</i>	<i>tm.</i>
1965	54008	1982	83938
1966	73375	1983	81075
1967	66118	1984	97258
1968	62778	1985	120861
1969	55893	1986	161252
1970	60427	1987	124205
1971	59325	1988	114027
1972	58425	1989	129309
1973	52122	1990	134980
1974	76993	1991	138578
1975	75670	1992	137671
1976	87101	1993	137003
1977	82680	1994	186797
1978	72085	1995	148204
1979	89728	1996	153856
1980	69445	1997	118181
1981	86085	1998	48190

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, *boletín anual Superficie sembrada - Superficie cosechada - Producción y Rendimiento, 1965-1998*.

Gráfico 2.3
ECUADOR: PRODUCCIÓN DE CAFÉ
 Toneladas métricas
 1965 - 1998



Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, *boletín anual Superficie sembrada - Superficie cosechada - Producción y Rendimiento, 1965-1998.*

La producción cafetalera ecuatoriana se ha ido incrementado anualmente con excepciones en ciertos períodos, pues los efectos producidos por factores climáticos han traído como consecuencia disminución en la producción nacional de café.

2.5. RENDIMIENTO

La variable rendimiento, nos indica la cantidad en kilogramos de café que se producen por hectárea cosechada en un período específico. Se tomó esta variable por ser una medida de la eficiencia de este cultivo por hectárea, que

resulta de la relación entre la producción en kilogramos de café y la superficie cosechada. Se mide en kilogramos de café por hectárea (kg./ha.), durante el período anual: 1965-1998. Ver Tabla 2.4 y Gráfico 2.4.

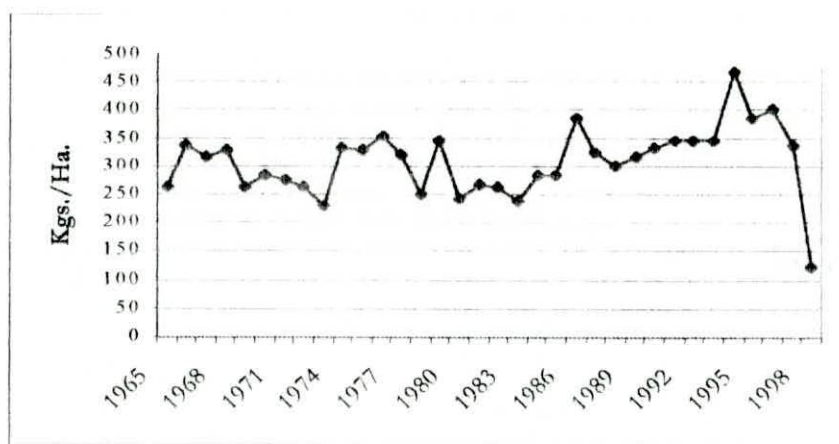
Tabla 2.4
ECUADOR: RENDIMIENTO DEL CAFÉ
Kilogramos/Hectáreas
1965 - 1998

<i>Años</i>	<i>Kg/has</i>	<i>Años</i>	<i>Kg/has</i>
1965	263.00	1982	260.78
1966	336.96	1983	239.18
1967	317.36	1984	281.92
1968	328.29	1985	283.07
1969	260.62	1986	383.48
1970	281.28	1987	324.21
1971	276.08	1988	299.18
1972	263.97	1989	316.41
1973	229.28	1990	331.74
1974	332.14	1991	343.13
1975	328.05	1992	343.78
1976	353.08	1993	345.30
1977	318.00	1994	467.13
1978	251.00	1995	385.94
1979	342.95	1996	400.00
1980	241.13	1997	337.66
1981	268.26	1998	123.63

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, *boletín anual Superficie sembrada – Superficie cosechada – Producción y Rendimiento, 1965-1998*.

Según estudios de expertos, factores como: temperatura, altitud geográfica, precipitación, suelo, sombra, edad del árbol del cafeto, enfermedades, malezas, plagas y el deficiente manejo del cultivo, inciden en un mayor grado para la obtención de bajos rendimientos de las plantaciones de café por unidad de superficie.

Gráfico 2.4
ECUADOR: RENDIMIENTO DEL CAFÉ
Kilogramos/Hectáreas
1965 - 1998

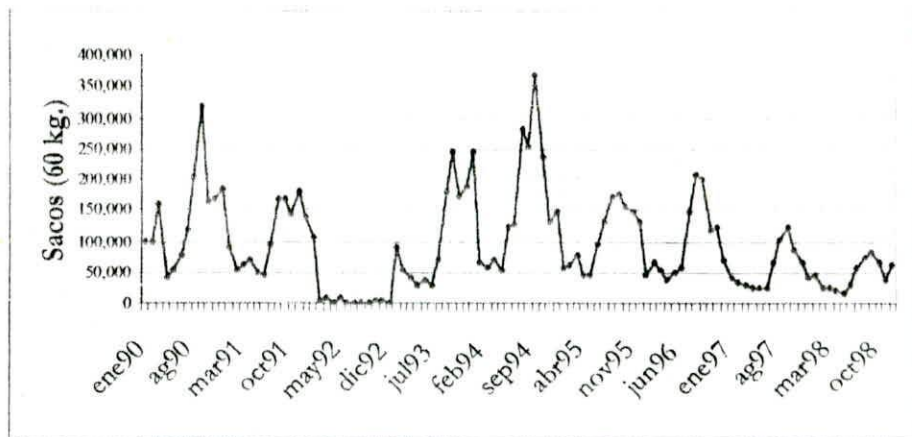


Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, boletín anual Superficie sembrada – Superficie cosechada – Producción y Rendimiento, 1965-1998.

2.6. OFERTA EXPORTABLE

La oferta exportable representa la cantidad en sacos de 60 kilogramos de café en grano que el Ecuador vende a otros países. Para satisfacer las demandas más exigentes del mercado mundial, nuestro país no solo exporta café en grano, sino también procesado como: soluble, liofilizado, spray – dried, aglomerado, tostado y molido. El principal destino de las exportaciones de café en grano son los Estados Unidos, mientras que el café industrializado es exportado principalmente a Alemania y Japón. La unidad de medida de esta variable está dada en sacos de 60 kilogramos y definida durante el período mensual: 1990-1998. Ver Tabla 2.5 y Gráfico 2.5.

Gráfico 2.5
ECUADOR: OFERTA EXPORTABLE
 Sacos de 60 kilogramos
 (1990 – 1998) – Café en grano



Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, proyecto SICA – MAG, 1990-1998.

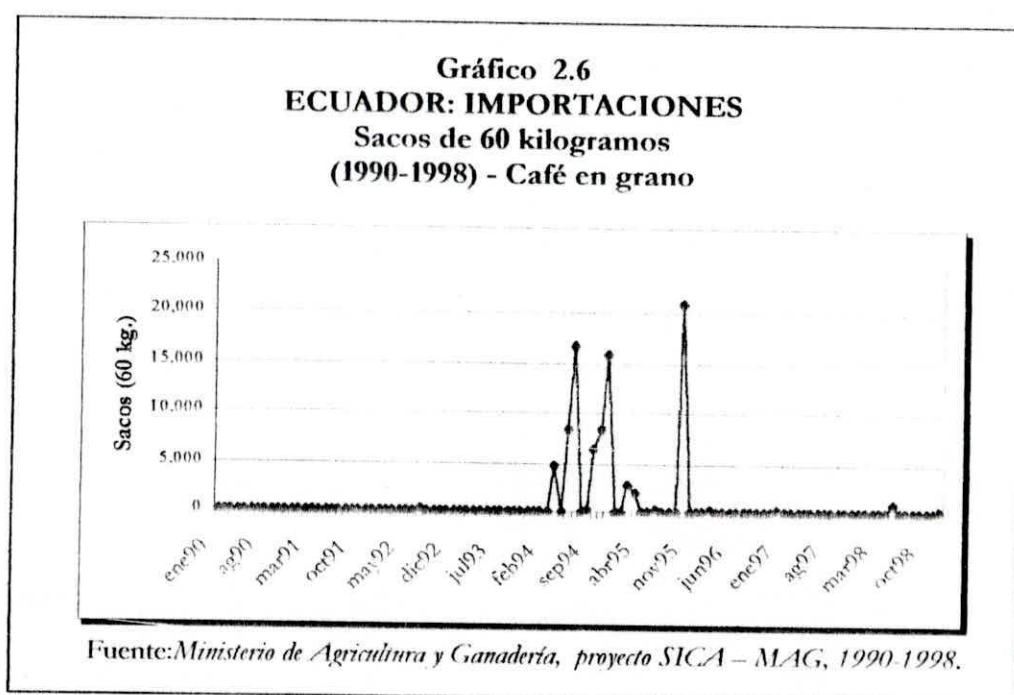
Tabla 2.5
ECUADOR: OFERTA EXPORTABLE
 Sacos de 60 kilogramos
 (1990-1998) – Café en grano

Mes	Sac. 60 kg.	Mes	Sac. 60 kg.	Mes	Sac. 60 kg.	Mes	Sac. 60 kg.
Ene 90	98632.00	Abr	379.50	Jul	283363.27	Oct	119085.98
Feb	97239.75	May	6831.00	Ag	251577.67	Nov	120661.00
Mar	158183.45	Jun	379.50	Sep	366963.43	Dic	71180.03
Abr	39168.30	Jul	0.00	Oct	237824.45	Ene 97	40461.15
May	54038.17	Ag	0.00	Nov	131751.02	Feb	32341.00
Jun	78471.17	Sep	277.20	Dic	146048.17	Mar	28465.70
Jul	119305.10	Oct	3520.00	Ene 95	57476.15	Abr	23222.47
Ag	203939.33	Nov	2200.00	Feb	61850.28	May	25060.50
Sep	316567.70	Dic	0.00	Mar	75848.48	Jun	22956.58
Oct	161573.67	Ene 93	88649.67	Abr	46356.80	Jul	63814.38
Nov	169010.00	Feb	53849.78	May	45031.93	Ag	100668.68
Dic	184635.83	Mar	39478.50	Jun	95787.65	Sep	123294.03
Ene 91	89233.90	Abr	28040.75	Jul	130850.60	Oct	85109.47
Feb	53022.12	May	38135.97	Ag	169872.95	Nov	65510.80
Mar	62857.75	Jun	27708.85	Sep	175278.17	Dic	41416.33
Abr	69176.25	Jul	71424.75	Oct	156758.75	Ene 98	43950.70
May	47936.10	Ag	180295.82	Nov	148089.80	Feb	23253.84
Jun	46223.75	Sep	243210.50	Dic	131833.98	Mar	22639.86
Jul	94193.95	Oct	172126.58	Ene 96	45481.57	Abr	21023.94
Ag	166033.13	Nov	186783.37	Feb	63367.35	May	16728.63
Sep	165402.42	Dic	246857.73	Mar	53086.17	Jun	29325.57
Oct	143139.35	Ene 94	64603.43	Abr	37485.08	Jul	56082.44
Nov	177659.00	Feb	55612.72	May	50667.00	Ag	74530.27
Dic	138068.50	Mar	71398.52	Jun	58195.48	Sep	81421.61
Ene 92	107090.48	Abr	53572.93	Jul	148115.55	Oct	64439.04
Feb	3795.00	May	122243.08	Ag	208341.60	Nov	37429.62
Mar	10048.50	Jun	126324.72	Sep	199657.32	Dic	61362.44

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, proyecto SICA – MAG, 1990-1998.

2.7. IMPORTACIONES

La variable importaciones, representa la cantidad en sacos de 60 kilogramos de café en grano que el Ecuador compra a otros países. Nuestro país no solo es productor de café; sino también, consumidor e importador. Debido a la falta de tecnología y capacitación adecuada, se tiene que optar por importar el café que se exportó en grano, ya procesado y a un nivel tecnológico superior al que se tiene en nuestro país. Se mide en sacos de 60 kilogramos, durante el período mensual: 1965-1998. Ver Tabla 2.6 y Gráfico 2.6.



Si hacemos una comparación entre las cantidades importadas y las exportadas de café en grano, notamos que las primeras se muestran insignificantes frente a las otras, esto se debe a que el Ecuador es un país productor y exportador.

Tabla 2.6
ECUADOR: IMPORTACIONES
Sacos de 60 kilogramos
(1990-1998) - Café en grano

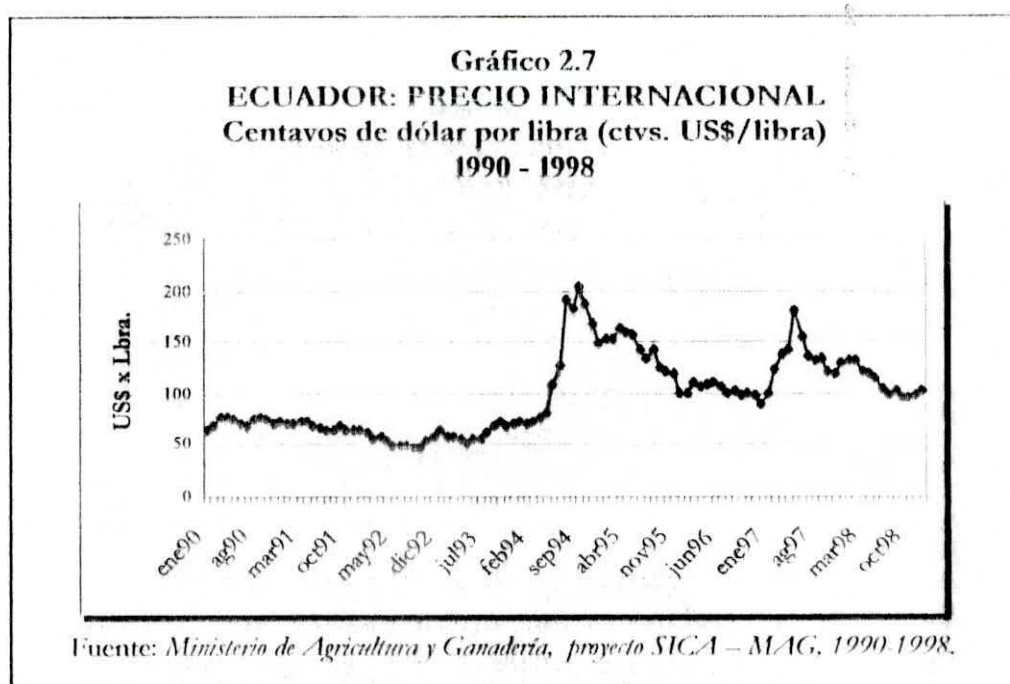
Mes	Sac. 60 kg.	Mes	Sac. 60 kg.	Mes	Sac. 60 kg.	Mes	Sac. 60 kg.
Ene 90	92.70	Abr	0.00	Jul	50.52	Oct	5.4
Feb	0.00	May	2.72	Ag	203.00	Nov	23.38
Mar	0.00	Jun	0.00	Sep	6417.87	Dic	127.33
Abr	0.00	Jul	144.50	Oct	8296.12	Ene 97	0.17
May	0.00	Ag	0.00	Nov	15726.50	Feb	0.00
Jun	0.00	Sep	0.00	Dic	0.00	Mar	31.43
Jul	0.00	Oct	0.00	Ene 95	101.50	Abr	1.68
Ag	0.00	Nov	0.00	Feb	2698.52	May	0.00
Sep	0.00	Dic	8.02	Mar	1872.50	Jun	0.93
Oct	0.00	Ene 93	0.00	Abr	0.00	Jul	8.43
Nov	0.00	Feb	0.00	May	0.97	Ag	17.15
Dic	0.00	Mar	63.20	Jun	153.33	Sep	0.00
Ene 91	0.00	Abr	0.00	Jul	0.00	Oct	8.55
Feb	0.00	May	16.62	Ag	0.00	Nov	39.73
Mar	0.00	Jun	36.08	Sep	0.05	Dic	27.02
Abr	9.77	Jul	37.82	Oct	20833.35	Ene 98	0.00
May	0.00	Ag	0.00	Nov	22.85	Feb	0.00
Jun	0.00	Sep	10.70	Dic	2.83	Mar	0.00
Jul	29.87	Oct	34.87	Ene 96	0.00	Abr	0.26
Ag	5.33	Nov	19.55	Feb	156.25	May	904.00
Sep	4.55	Dic	32.63	Mar	16.33	Jun	4.70
Oct	4.17	Ene 94	0.00	Abr	0.00	Jul	1.27
Nov	74.00	Feb	51.23	May	23.33	Ag	0.30
Dic	9.18	Mar	4795.70	Jun	0.00	Sep	2.64
Ene 92	2.20	Abr	0.00	Jul	0.08	Oct	3.01
Feb	4.67	May	8348.95	Ag	55.52	Nov	14.17
Mar	13.65	Jun	16693.67	Sep	0.12	Dic	262.64

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, proyecto SICA - MAG, 1990-1998.

En 1994, ante la drástica caída de las exportaciones de Brasil y la limitación de la oferta de café debido a la aplicación del plan de retención para los demás países, Ecuador tuvo mayor intervención en las exportaciones de café en grano en el ámbito mundial, provocando desabastecimiento interno y aumento en las importaciones.

2.8. PRECIO INTERNACIONAL

Se define como precio internacional, al valor mínimo referencial mensual en dólares por libra de café en grano asignado a los países productores por la organización internacional del café, que actúa como agente regulador de los precios en el ámbito mundial.



El precio del café ecuatoriano está sujeto a variaciones por cambios en la oferta y demanda en el ámbito mundial; además, nuestro café es castigado con 4 centavos de dólar por libra respecto al precio del café de El Salvador, debido a que producimos un café de menor calidad que éste. Esta variable se mide en centavos de dólar por libra (ctvs. US\$/libra), durante el período mensual: 1990-1998. Ver Tabla 2.7 y Gráfico 2.7.

Tabla 2.7
ECUADOR: PRECIO INTERNACIONAL
Centavos de dólar por libra (ctvs. US\$/libra)
1990-1998

<i>Mes</i>	<i>Ctvos. x Lb.</i>	<i>Mes</i>	<i>Ctvos. x Lb.</i>	<i>Mes</i>	<i>Ctvos. x Lb.</i>	<i>Mes</i>	<i>Ctvos. x Lb.</i>
Ene 90	62.75	Abr	53.64	Jul	191.44	Oct	98.56
Feb	67.01	May	49.27	Ag	181.53	Nov	97.14
Mar	75.25	Jun	48.13	Sep	202.39	Dic	90.04
Abr	75.34	Jul	48.70	Oct	185.64	Ene 97	100.03
May	73.30	Ag	45.89	Nov	168.12	Feb	121.89
Jun	69.91	Sep	47.11	Dic	149.14	Mar	137.47
Jul	68.36	Oct	52.88	Ene 95	152.08	Abr	142.20
Ag	74.10	Nov	57.49	Feb	152.24	May	180.44
Sep	75.55	Dic	64.00	Mar	162.73	Jun	155.38
Oct	73.89	Ene 93	58.14	Abr	159.59	Jul	135.04
Nov	70.10	Feb	57.32	May	155.96	Ag	132.36
Dic	72.83	Mar	54.76	Jun	141.66	Sep	132.51
Ene 91	69.38	Abr	51.38	Jul	132.71	Oct	121.09
Feb	70.55	May	54.18	Ag	141.70	Nov	118.16
Mar	72.47	Jun	54.54	Sep	124.76	Dic	130.02
Abr	71.45	Jul	60.61	Oct	120.02	Ene 98	130.61
May	67.47	Ag	67.69	Nov	117.99	Feb	130.78
Jun	65.58	Sep	71.64	Dic	99.57	Mar	119.93
Jul	64.31	Oct	67.78	Ene 96	100.33	Abr	119.66
Ag	63.34	Nov	70.03	Feb	110.50	May	114.23
Sep	66.86	Dic	71.50	Mar	105.89	Jun	103.84
Oct	62.83	Ene 94	69.17	Abr	107.09	Jul	97.32
Nov	64.30	Feb	72.37	May	110.24	Ag	101.25
Dic	63.07	Mar	6.11	Jun	105.79	Sep	95.82
Ene 92	61.12	Abr	81.19	Jul	99.97	Oct	95.01
Feb	55.51	May	108.42	Ag	102.73	Nov	98.26
Mar	56.48	Jun	127.91	Sep	96.52	Dic	100.73

Fuente: *Ministerio de Agricultura y Ganadería, proyecto SICA - MAC, 1990-1998.*

2.9. ÍNDICE DE PRECIOS AL CONSUMIDOR

El índice de precios al consumidor mide las variaciones del costo de una canasta básica de bienes y servicios, es decir, indica el cambio del nivel general en los precios, esto sucede cuando desembolsamos más o menos dinero por igual cantidad de bienes y servicios como consecuencia del incremento o

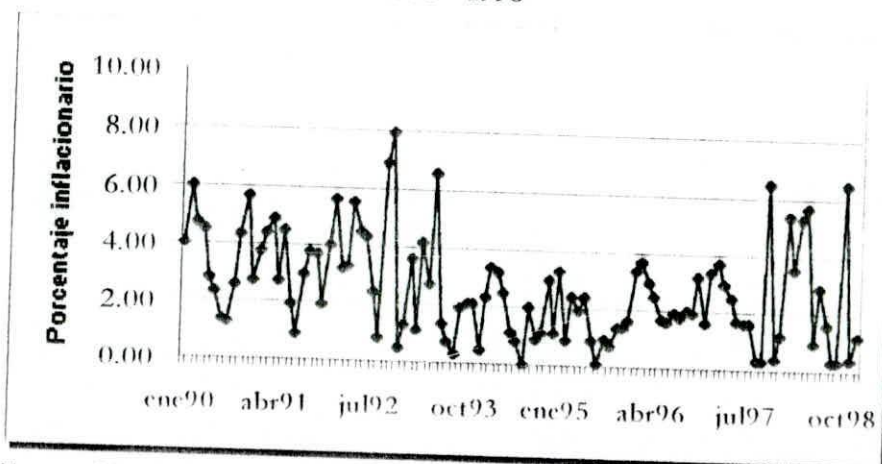
disminución que experimentan los precios de los productos. El INEC es el organismo encargado para medir el índice de precios al consumidor en el Ecuador. Resulta necesario conocer si la inestabilidad en los precios causa efectos en la producción, la oferta y la demanda en el sector cafetalero ecuatoriano. Esta variable se mide en porcentaje, durante el período mensual: 1990-1998. Ver Tabla 2.8 y Gráfico 2.8.

Tabla 2.8
ECUADOR: ÍNDICE DE PRECIOS AL CONSUMIDOR
Porcentaje
1990 - 1998

<i>Mes</i>	<i>%</i>	<i>Mes</i>	<i>%</i>	<i>Mes</i>	<i>%</i>	<i>Mes</i>	<i>%</i>
Ene 90	4.00	Abr	5.50	Jul	0.00	Oct	1.90
Feb	6.00	May	4.50	Ag	2.00	Nov	3.20
Mar	4.70	Jun	4.30	Sep	0.90	Dic	1.60
Abr	4.50	Jul	2.40	Oct	1.10	Ene 97	3.40
May	2.80	Ag	0.80	Nov	3.00	Feb	3.70
Jun	2.30	Sep	6.90	Dic	1.10	Mar	3.00
Jul	1.40	Oct	7.90	Ene 95	3.30	Abr	2.50
Ag	1.30	Nov	0.50	Feb	0.90	May	1.70
Sep	2.60	Dic	1.30	Mar	2.40	Jun	1.60
Oct	1.30	Ene 93	3.60	Abr	1.90	Jul	1.60
Nov	5.70	Feb	1.10	May	2.40	Ag	0.30
Dic	2.70	Mar	4.20	Jun	0.90	Sep	0.30
Ene 91	3.80	Abr	2.70	Jul	0.10	Oct	6.50
Feb	4.40	May	6.60	Ag	1.00	Nov	0.40
Mar	4.90	Jun	1.40	Sep	0.70	Dic	1.20
Abr	2.70	Jul	0.70	Oct	1.40	Ene 98	5.40
May	4.50	Ag	0.30	Nov	1.40	Feb	3.50
Jun	1.90	Sep	1.90	Dic	1.60	Mar	5.30
Jul	0.90	Oct	2.10	Ene 96	3.40	Abr	5.70
Ag	3.00	Nov	2.10	Feb	3.70	May	1.00
Sep	3.80	Dic	0.50	Mar	3.00	Jun	2.90
Oct	3.70	Ene 94	2.30	Abr	2.50	Jul	1.60
Nov	1.90	Feb	3.40	May	1.70	Ag	0.30
Dic	4.00	Mar	3.20	Jun	1.60	Sep	0.30
Ene 92	5.60	Abr	2.50	Jul	1.90	Oct	6.50
Feb	3.20	May	1.10	Ag	1.80	Nov	0.40
Mar	3.30	Jun	0.80	Sep	2.00	Dic	1.20

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, proyecto SICA - MAC, 1990-1998.

Gráfico 2.8
ECUADOR: ÍNDICE DE PRECIOS AL CONSUMIDOR
Porcentaje
1990 - 1998



Fuente: *Ministerio de Agricultura y Ganadería, proyecto SICA - MAG, 1990-1998.*

2.10. TIPO DE CAMBIO (DÓLAR)

Esta variable representa la cantidad de sucres que se pagaba por un dólar en el Ecuador. El círculo económico y los precios del café giraron en torno a la divisa norteamericana, exponiéndose así a las condiciones cambiantes que se presentaron con la cotización de esta moneda. Se mide por la cantidad de sucres pagados por un dólar, durante el período mensual: 1990-1998. Ver Tabla 2.9 y Gráfico 2.9.

Tabla 2.9
ECUADOR: TIPO DE CAMBIO
Sucres por dólar
1990-1998

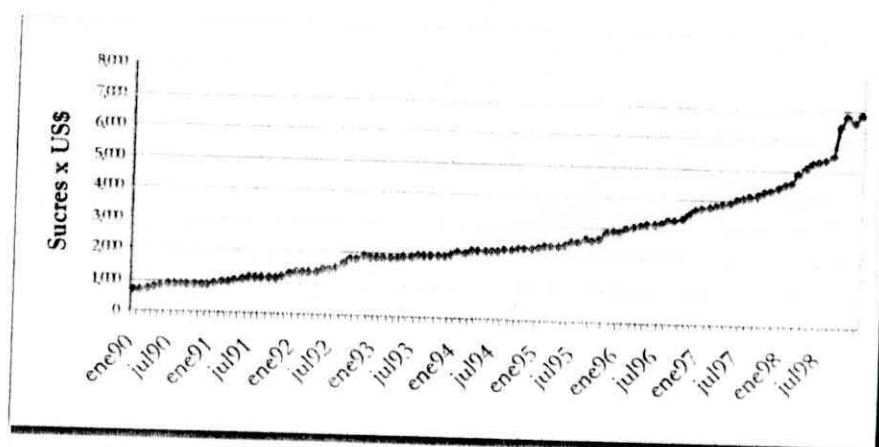
<i>Mes</i>	<i>Sucres</i>	<i>Mes</i>	<i>Sucres</i>	<i>Mes</i>	<i>Sucres</i>	<i>Mes</i>	<i>Sucres</i>
Ene 90	686.00	Abr	1357.00	Jul	2178.00	Oct	3323.00
Feb	690.00	May	1436.00	Ag	2222.00	Nov	3463.00
Mar	732.00	Jun	1458.00	Sep	2228.00	Dic	3624.00
Abr	779.00	Jul	1494.00	Oct	2247.00	Ene 97	3695.00
May	822.00	Ag	1618.00	Nov	2278.00	Feb	3757.00
Jun	848.00	Sep	1792.00	Dic	2243.00	Mar	3793.00
Jul	894.00	Oct	1810.00	Ene 95	2332.00	Abr	3855.00
Ag	894.00	Nov	1908.00	Feb	2368.00	May	3910.00
Sep	875.00	Dic	1857.00	Mar	2378.00	Jun	3989.00
Oct	853.00	Ene 93	1835.00	Abr	2375.00	Jul	4015.00
Nov	863.00	Feb	1824.00	May	2407.00	Ag	4109.00
Dic	883.00	Mar	1862.00	Jun	2508.00	Sep	4141.00
Ene 91	910.00	Abr	1871.00	Jul	2513.00	Oct	4260.00
Feb	968.00	May	1903.00	Ag	2598.00	Nov	4327.00
Mar	1000.00	Jun	1905.00	Sep	2557.00	Dic	4126.00
Abr	1026.00	Jul	1924.00	Oct	2623.00	Ene 98	4530.00
May	1098.00	Ag	1925.00	Nov	2818.00	Feb	4543.00
Jun	1114.00	Sep	1938.00	Dic	2873.00	Mar	4886.00
Jul	1106.00	Oct	1939.00	Ene 96	2882.00	Abr	5057.00
Ag	1103.00	Nov	1966.00	Feb	2963.00	May	5216.00
Sep	1114.00	Dic	2022.00	Mar	3048.00	Jun	5275.00
Oct	1113.00	Ene 94	2089.00	Abr	3069.00	Jul	5358.00
Nov	1164.00	Feb	2068.00	May	3131.00	Ag	5509.00
Dic	1273.00	Mar	2138.00	Jun	3130.00	Sep	6418.00
Ene 92	1323.00	Abr	2155.00	Jul	3205.00	Oct	6769.00
Feb	1334.00	May	2159.00	Ag	3279.00	Nov	6562.00
Mar	1330.00	Jun	2175.00	Sep	3289.00	Dic	6795.00

Fuente: *Ministerio de Agricultura y Ganadería, proyecto SICA - MAG, 1990-1998.*

En los últimos años la economía del Ecuador ha estado altamente dolarizada. La mayoría de las transacciones que ofrecían los bancos se realizaba en dólares y los ahorros de los ecuatorianos se efectuaban en esa divisa. Factores macroeconómicos han guiado a la economía ecuatoriana por un proceso acelerado de dolarización. Podemos mencionar la elevada inflación y la inestabilidad en el tipo de cambio lo que ha causado pérdidas en el sistema productivo. Desde 1995, las autoridades económicas en ejercicio estudiaron que un cambio en el sistema monetario actual rompería las expectativas

inflacionarias y devaluatorias. Así, en enero del 2000, se adoptó un nuevo sistema monetario: la dolarización, estableciendo un tipo de cambio fijo de 25.000 sucres por dólar. Adoptar como política la dolarización total de una economía implica una sustitución del 100% de la moneda local por la moneda extranjera, lo que significa que los precios, los salarios y los contratos se fijan en dólares. La moneda única es el dólar y se contempla que la moneda local circule solamente como moneda fraccionaria. La oferta monetaria pasa a estar denominada en dólares y se alimenta del saldo de la balanza de pagos y de un monto inicial suficiente de reservas internacionales; los capitales son libres de entrar y salir sin restricciones; y, el Banco Central reestructura sus funciones tradicionales y adquiere nuevas funciones.

Gráfico 2.9
ECUADOR: TIPO DE CAMBIO
Sucres por dólar
1990-1998



Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, proyecto SICA - MAG, 1990-1998.

2.11. PIB (AGRÍCOLA)

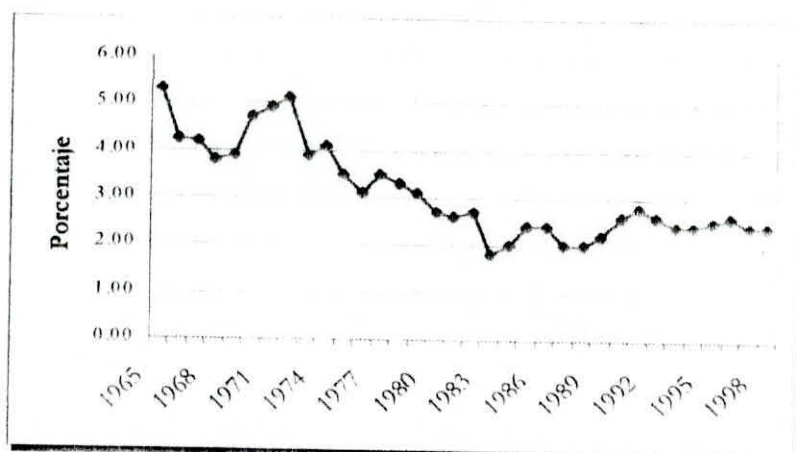
El Producto Interno Bruto agrícola, representa el valor de los productos agrícolas de uso final producidos por un país durante un período determinado. En nuestro país, el PIB lo mide el Banco Central de Ecuador. Su unidad de medida es en porcentaje, durante el período anual: 1965-1998. Ver Tabla 2.10 y Gráfico 2.10.

Tabla 2.10
ECUADOR: PIB (Agricultura, Silvicultura, Caza y Pesca)
Porcentaje
1980-1998

<i>Años</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Años</i>	<i>Porcentaje</i>
1965	5.30	1982	2.70
1966	4.25	1983	1.80
1967	4.20	1984	2.00
1968	3.80	1985	2.40
1969	3.90	1986	2.40
1970	4.70	1987	2.00
1971	4.90	1988	2.00
1972	5.40	1989	2.20
1973	3.90	1990	2.60
1974	4.10	1991	2.80
1975	3.50	1992	2.60
1976	3.10	1993	2.40
1977	3.50	1994	2.40
1978	3.30	1995	2.50
1979	3.10	1996	2.60
1980	2.70	1997	2.40
1981	2.60	1998	2.40

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, proyecto SICA - MAG, 1990-1998.

Gráfico 2.10
ECUADOR: PIB (Agricultura, Silvicultura, Caza y Pesca)
Porcentaje
1965-1998



Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, proyecto SICA – MAG, 1990-1998

El banano, café y cacao aportan con un mayor porcentaje dentro del rubro de los productos tradicionales al PIB agrícola.

Los porcentajes presentados en la Tabla 2.10 incluyen la participación del banano, café y cacao; siendo éstos, los tres productos que tienen una mayor participación dentro del PIB (agricultura, silvicultura, caza y pesca).

CAPÍTULO III

ANÁLISIS UNIVARIADO:

PRODUCCIÓN DEL CAFÉ EN EL ECUADOR

3. ANÁLISIS UNIVARIADO: PRODUCCIÓN DEL CAFÉ EN EL ECUADOR

3.1. INTRODUCCIÓN

Con el objeto de describir la naturaleza de los datos, presentaremos un análisis estadístico descriptivo de las diez variables cuantitativas presentadas en el capítulo anterior, el mismo que comprenderá: tablas descriptivas, histogramas de frecuencias absoluta y relativa, distribuciones acumuladas y diagramas de caja. Así mismo, haremos uso de las pruebas de hipótesis para hacer inferencias o generalizaciones acerca de la distribución de las variables.

En el análisis univariado, debido a la naturaleza de los datos con los que contamos, haremos un tratamiento anual de los datos durante el período 1965-1998 a las variables: superficie sembrada, superficie cosechada, producción, rendimiento y PIB agrícola. Con relación a las variables: oferta exportable, importaciones, tipo de cambio, índice de precios y precio internacional, realizaremos un análisis mensual desde 1990 a 1998.

3.2. ANÁLISIS UNIVARIADO

3.2.1. SUPERFICIE SEMBRADA

En el período 1965-1998 se cultivó un promedio anual de 342.148 ± 18.598 has. de café en el Ecuador, donde 18.598 corresponde al error estándar. En el año de 1968 se sembraron 197.188 has., siendo este el año en el que se obtuvo el menor número de hectáreas sembradas, en 1991 se alcanzó el máximo con 524.678 has. durante todo este tiempo. En este período se sembraron un total de 11'633.000 has. Ver Tabla 3.1.

Tabla 3.1
ECUADOR: SUPERFICIE SEMBRADA
HECTÁREAS - (1965-1998)
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

<i>Descripción</i>	<i>Valor</i>
Núm. de observaciones	34
Mínimo	197.188
Máximo	524.678
Sumatoria	11'633.000
Mediana	331.401
Media	342.148
Std. Error	18.598
Desv. Standar	108.445
Varianza	$11,7602 \times 10^9$
Sesgo	0,18
Kurtosis	-1,574

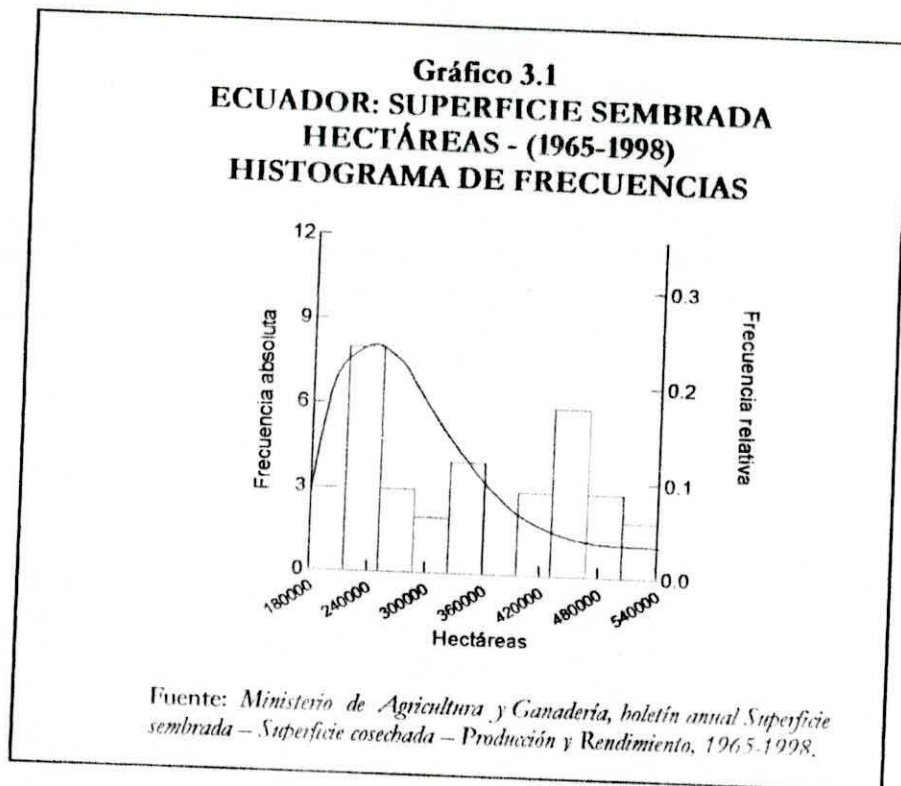
Las 34 observaciones correspondientes al período 1965-1998 se las agrupó en 10 intervalos de clase. La tabla de frecuencias presentada en la Tabla 3.2 muestra las frecuencias absoluta y relativa correspondiente a cada intervalo; así, para el primer intervalo [180.000 – 216.000), la marca de clase es 198.000 has., la frecuencia absoluta 3 y la frecuencia relativa 0,088 lo que indica que el 8,8% de las 34 observaciones ocurren en este intervalo.

Tabla 3.2
ECUADOR: SUPERFICIE SEMBRADA
HECTÁREAS - (1965-1998)
TABLA DE FRECUENCIAS

Intervalos de clase		Marca de clase	Frecuencia		Frecuencia acumulada	
Lím. Inf.	Lím. Sup.		Abs.	Relat.	Abs.	Relat.
180000	216000	198000	3	0.088	3	0.088
216000	252000	234000	8	0.235	11	0.324
252000	288000	270000	3	0.088	14	0.412
288000	324000	306000	2	0.059	16	0.471
324000	360000	342000	4	0.118	20	0.588
360000	396000	378000	0	0.000	20	0.588
396000	432000	414000	3	0.088	23	0.676
432000	468000	450000	6	0.176	29	0.853
468000	504000	486000	3	0.088	32	0.941
504000	540000	522000	2	0.059	34	1.000
Total de observaciones			34			

Como vemos en la Tabla 3.2, la probabilidad estimada de sembrar menos de 342.148 has. de café, valor correspondiente a la media, es 0,53. El coeficiente de sesgo, que mide la simetría de los datos alrededor de su media, es 0,18 lo que indica que la distribución de esta variable es ligeramente asimétrica a la derecha. La variable es platicúrtica, pues el coeficiente de kurtosis que mide la

picudez de la distribución con respecto a la media es $-1,574$, es decir, es plana con relación a la variable aleatoria normal estándar, para la cual la kurtosis es 3. La varianza es $11,7602 \times 10^9$ y la desv. estándar 81.165 indicadores de que los datos se encuentran dispersos con relación a su media. Ver Gráfico 3.1.



Podemos observar en el Gráfico 3.1 que para el segundo intervalo de clase $[216000 - 252000)$ es mayor la frecuencia relativa; mientras que en los demás intervalos, ésta es menor. Esto nos hace a pensar que la variable superficie sembrada puede seguir una distribución exponencial $X \sim E(\beta)$.

Debido a esto, utilizaremos la técnica de bondad de ajuste denominada *Kolmogorov - Smirnov* para afirmar o rechazar este supuesto.

Definamos como X a la variable superficie sembrada de café durante el período 1965–1998, como hipótesis nula H_0 : La superficie sembrada durante el período 1965 – 1998 sigue una distribución exponencial con parámetros $\beta = 342.148$ y H_1 la hipótesis alterna, el respectivo contraste de hipótesis es:

$$H_0: X \sim E(342.148)$$

vs

$$H_1: \neg H_0$$

El estadístico de prueba asociado es: $D = \max_{\forall x} |F_o(x) - \hat{F}(x)|$; donde $F_o(x)$ es la distribución acumulada de X si H_0 es verdadero y $\hat{F}(x)$ es la distribución empírica de los valores observados de X tomados de muestra de tamaño n .

El valor calculado del estadístico de prueba D es 0,610 en el cual nos basamos para obtener el valor p , que en este caso es igual a cero, con dos decimales de precisión, siendo significativamente bajo para rechazar la hipótesis H_0 .

También podemos pensar que se trata de una distribución normal, pues el coeficiente de sesgo es cercano a cero (simetría).

Así mismo, definamos como X a la variable superficie sembrada de café durante el período 1965–1998, como hipótesis nula H_0 : La superficie sembrada de café sigue una distribución normal con parámetros $\mu = 342.148$ y $\sigma^2 = 11,7602 \times 10^9$ y H_1 la hipótesis alterna, el respectivo contraste de hipótesis es:

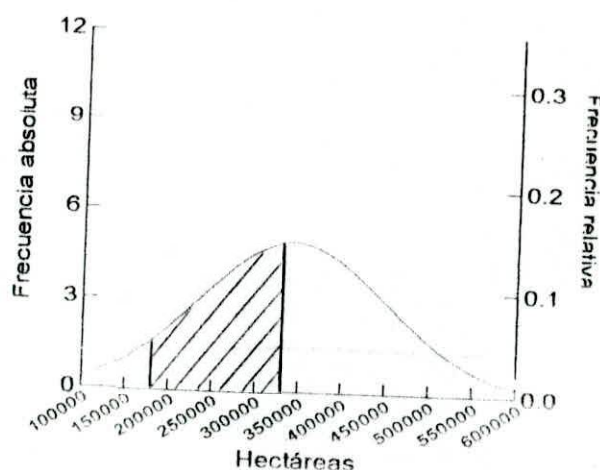
$$H_0: X \sim N(342.148, 11,76 \times 10^9)$$

vs

$$H_1: \neg H_0$$

El valor calculado del estadístico de prueba D es 0,126 en el cual nos basamos para obtener el valor $p = 0,336$ siendo éste significativamente alto para *no rechazar* la hipótesis H_0 . Por lo tanto, existe evidencia estadística para afirmar que la variable superficie sembrada de café durante el período 1965 – 1998 en el Ecuador, es una variable aleatoria normal $X \sim N(342.148, 11,76 \times 10^9)$.

Gráfico 3.2
ECUADOR: SUPERFICIE SEMBRADA
HECTÁREAS - (1965-1998)
AJUSTE A LA DISTRIBUCIÓN NORMAL



Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, boletín anual Superficie sembrada – Superficie cosechada – Producción y Rendimiento, 1965-1998.

En el Gráfico 3.2 podemos notar como la variable superficie sembrada se ajusta a una distribución normal; siendo el área bajo la curva, la probabilidad de sembrar en un intervalo específico: $P(a < X < b)$, para cualquier valor real a y b con $a \leq b$.

En el Gráfico 3.3 se presenta la distribución acumulada y el respectivo diagrama de caja, el mismo que nos permite apreciar la tendencia central y dispersión de los datos. Los valores de Q_1 , Q_2 y Q_3 corresponden a los cuartiles primero, segundo y tercero respectivamente.

La mediana 331.401 corresponde al valor del segundo cuartil Q_2 , lo que significa que se estima que la probabilidad de sembrar entre 180.000 y 331.401 has. de café durante el período 1965-1998 es igual a 0,5. El valor del primer cuartil Q_1 es 240.000 has., entonces la probabilidad estimada de sembrar de 180.000 a 240.000 has. de café es 0,25. El tercer cuartil Q_3 es 444.000 has. durante el período 1965-1998, por lo que la probabilidad estimada de sembrar de 180.000 a 444.000 hectáreas de café es igual a 0,75.

Las estimaciones de los cuartiles pueden ser comparadas con las probabilidades obtenidas a partir de la distribución normal $X \sim N(342.148, 11,76 \times 10^9)$. Así, la probabilidad estimada de sembrar entre 180 y 331 miles de has. de café es 0,5; mientras que si calculamos la probabilidad basándonos en la distribución normal estándar se tiene:

$$\begin{aligned} P(180 \leq X \leq 331) &\Rightarrow P\left(\frac{180-\mu}{\sigma} \leq \frac{X-\mu}{\sigma} \leq \frac{331-\mu}{\sigma}\right) \\ &\Rightarrow P\left(\frac{180-342}{108} \leq Z \leq \frac{331-342}{108}\right) \Rightarrow P(-1,50 \leq Z \leq -0,10) = 0,401 \end{aligned}$$

donde X es la variable superficie sembrada de café.

El error que resulta de la probabilidad estimada 0,50 y la probabilidad obtenida a partir de la distribución normal 0,401 de sembrar entre 180 y 331 mil has. de café es 0,099.

Gráfico 3.3
ECUADOR: SUPERFICIE SEMBRADA
HECTÁREAS - (1965-1998)
DISTRIBUCIÓN ACUMULADA

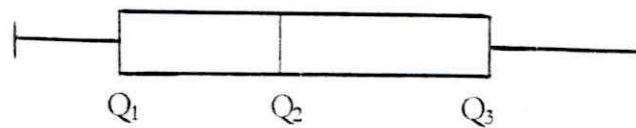
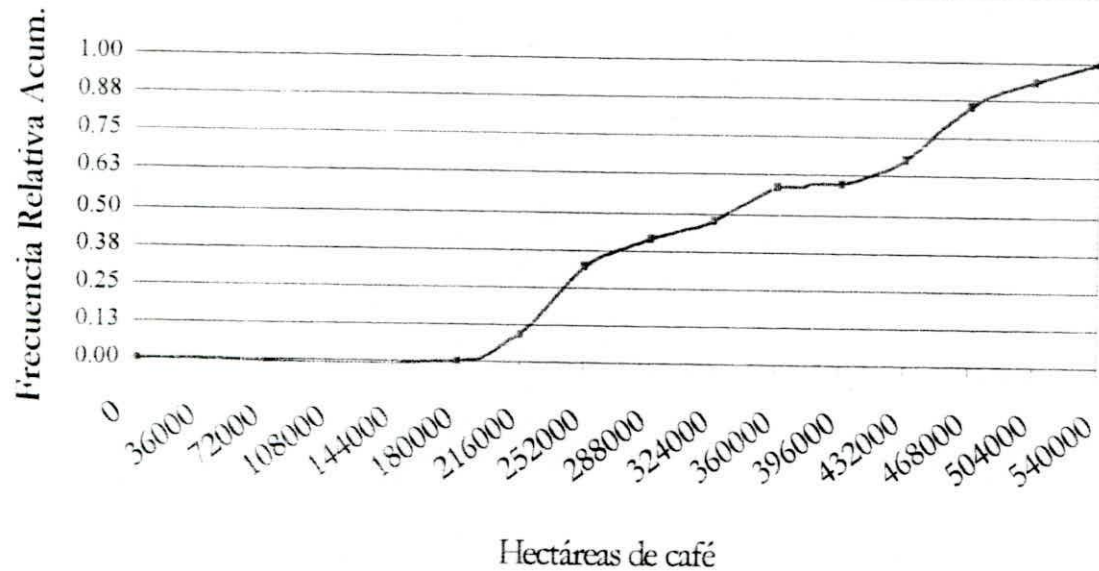


Tabla de valores

<i>Hectáreas sembradas de café</i>	<i>Frecuencia Relativa Acumulada</i>
180000	0.00
216000	0.09
240000	0.25
252000	0.32
288000	0.41
324000	0.47
331401	0.50
360000	0.59
396000	0.59
432000	0.68
444000	0.75
468000	0.85
504000	0.94
540000	1.00

3.2.2. SUPERFICIE COSECHADA

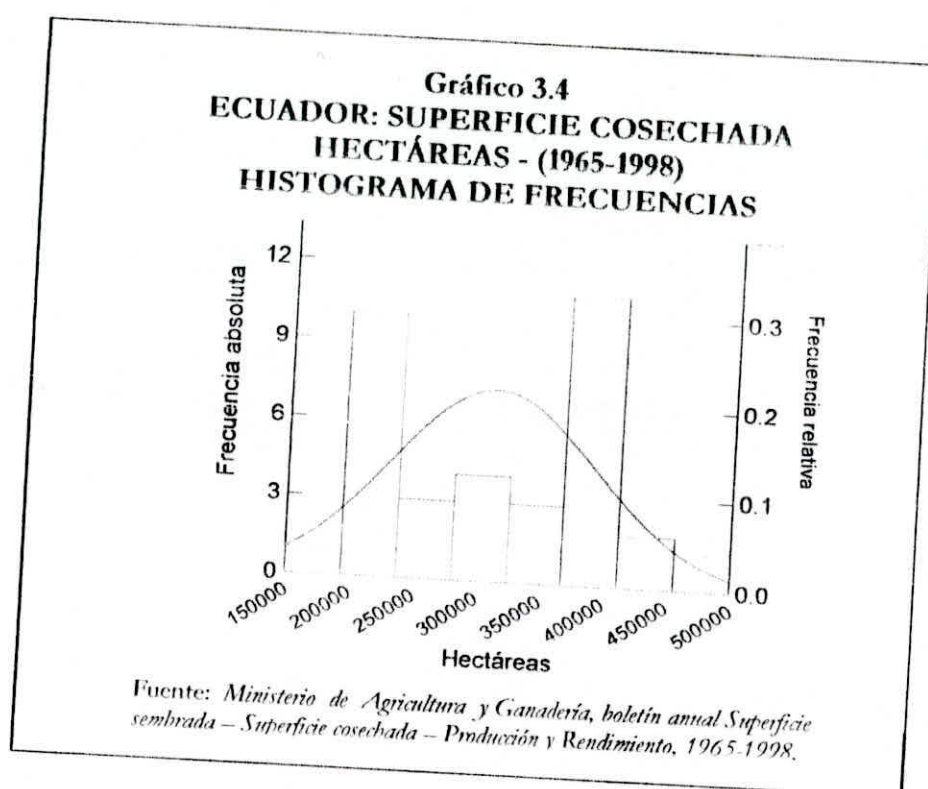
El promedio anual de hectáreas cosechadas de café durante el período 1965-1998 en el Ecuador fue 311.322 ± 13.919 has., con un mínimo de 191.230 has. en el año 1968 debido al fenómeno "El Niño" y a que la cantidad de hectáreas cultivadas y cosechadas en esa época era baja. Durante este período se cosecharon un total de 10'584.900 has. de café. Ver Tabla 3.3.

Tabla 3.3
ECUADOR: SUPERFICIE COSECHADA
HECTÁREAS - (1965-1998)
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

<i>Descripción</i>	<i>Valor</i>
Número de obs.	34
Mínimo	191.230
Máximo	426.969
Sumatoria	10'584.900
Mediana	321.389
Media	311.322
Std. Error	13.919
Desv. Standar	81.165
Varianza	$6,58751 \times 10^9$
Sesgo	-0,053
Kurtosis	-1,69.5

El coeficiente de sesgo es -0.053 , lo que significa que la distribución de esta variable es ligeramente asimétrica hacia la izquierda. Con relación al coeficiente de kurtosis, esta variable es platicúrtica ya que su valor $-1,695$ es menor a 3.

La varianza es $6,58751 \times 10^9$ y la desviación estándar 81.165, lo que indica que las observaciones se encuentran dispersas respecto al valor de la media.



En el Gráfico 3.4, basándonos en la manera en que fueron agrupadas las observaciones (8 intervalos de clase), notamos que la distribución de la variable superficie cosechada de café parece seguir una distribución normal $X \sim N(\mu, \sigma^2)$.

Debido a esto, utilizaremos la técnica de bondad de ajuste *Kolmogorov - Smirnov* para afirmar o rechazar el supuesto que la variable aleatoria sigue una distribución normal con parámetros $\mu = 311.322$ y $\sigma^2 = 6,58751 \times 10^9$.

Definamos como X a la variable superficie cosechada de café durante el período 1965-1998 y H_0 la hipótesis nula, el respectivo contraste de hipótesis es:

$$H_0: X \sim N(311.322, 6,58751 \times 10^9)$$

vs

$$H_1: \neg H_0$$

El valor calculado del estadístico de prueba D es 0,187 y su correspondiente valor p es 0,183 siendo significativamente alto para *no rechazar* H_0 , por lo que aceptamos la hipótesis de normalidad con dichos parámetros. Entonces podemos decir que existe evidencia estadística para afirmar que la variable aleatoria superficie cosechada de café durante el período 1965-1998 en el Ecuador, es una variable aleatoria normal $X \sim N(311.322, 6,58751 \times 10^9)$.

El primer cuartil Q_1 es 226.940 has., entonces la probabilidad estimada de cosechar entre 150.000 y 226.940 hectáreas de café es 0,25. La mediana 321.389 has. corresponde al valor del segundo cuartil Q_2 , lo que significa que

la probabilidad estimada de cosechar café entre 150.000 y 321.389 has. en el período 1965-1998 es igual a 0,5. El tercer cuartil Q_3 es 386.523 has. cosechadas durante el período 1965-1998, por lo que la probabilidad estimada de cosechar de 150.000 a 386.523 has. de café es igual a 0,75, es decir, el 75% de las observaciones ocurren hasta Q_3 . Ver en el Gráfico 3.5 la distribución acumulada y el respectivo diagrama de caja.

Al comparar los resultados de estas estimaciones con las probabilidades obtenidas a partir de la distribución normal $X \sim N(311.322, 6,58751 \times 10^9)$, se tiene que:

$$P(150 \leq X \leq 321) \Rightarrow P\left(\frac{150-311}{81} \leq \frac{X-\mu}{\sigma} \leq \frac{321-311}{81}\right) \Rightarrow P(-1,99 \leq Z \leq 0,12) = 0,52$$

$$P(150 \leq X \leq 386) \Rightarrow P\left(\frac{150-311}{81} \leq \frac{X-\mu}{\sigma} \leq \frac{386-311}{81}\right) \Rightarrow P(-1,99 \leq Z \leq 0,93) = 0,78$$

donde X es la variable superficie cosechada de café.

El error resultante entre la probabilidad estimada y la probabilidad obtenida a partir de la distribución normal, de cosechar entre 150 y 321 mil has. es 0,02; y, de cosechar entre 150 y 386 mil has. es 0,03. Estos errores por ser bajos, nos reafirman la normalidad de esta variable.

Gráfico 3.5
ECUADOR: SUPERFICIE COSECHADA
HECTÁREAS - (1965-1998)
DISTRIBUCIÓN ACUMULADA

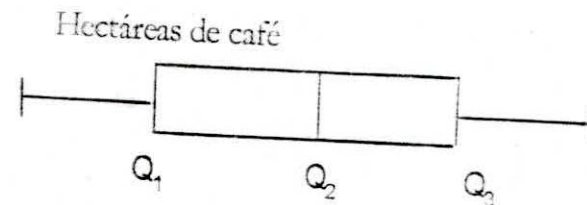
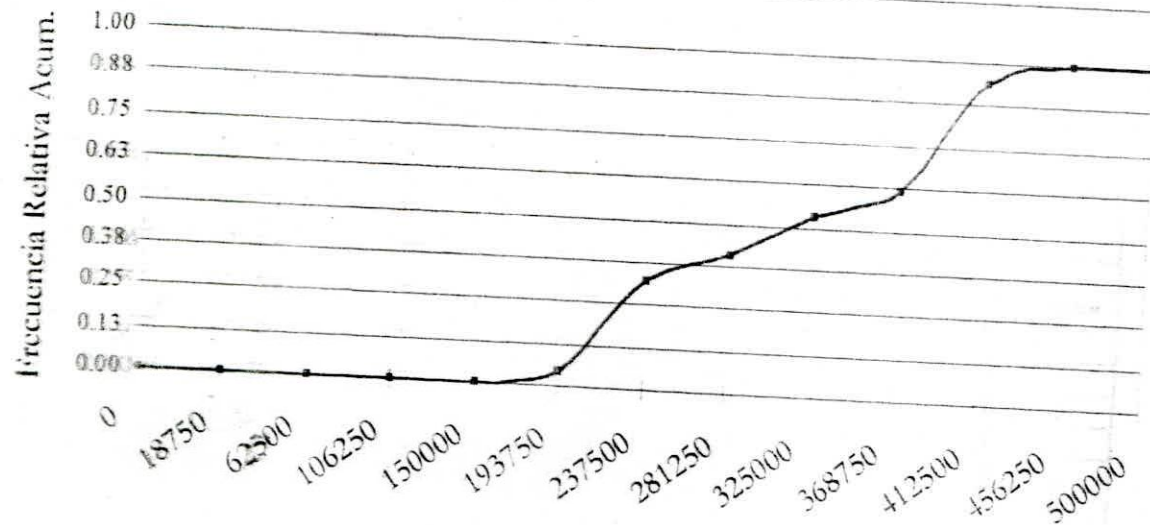


Tabla de valores

Hectáreas cosechadas de café	Frecuencia Relativa Acumulada
150000	0
193750	0.03
226940	0.25
237500	0.32
281250	0.41
321389	0.50
325000	0.53
368750	0.62
386523	0.75
412500	0.94
456250	1.00
500000	1.00

3.2.3. PRODUCCIÓN

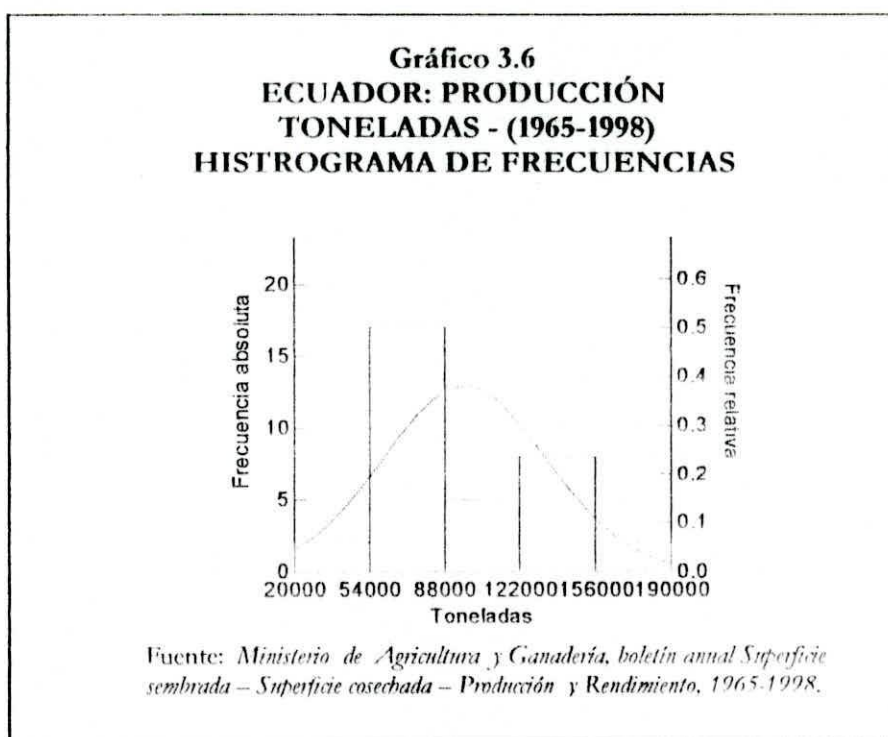
La producción de café en el Ecuador durante el período 1965-1998 tuvo su mínimo en 1998 con 48.190 tm. y su máximo en 1994 con 186.797 tm. Así, el promedio de café que produjo el Ecuador entre 1965 y 1998 es 96.990 ± 6.373 tm.; en total se produjeron 3'297.643 tm. durante los años 1965-1998.

Tabla 3.4
ECUADOR: PRODUCCIÓN
TONELADAS - (1965-1998)
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

<i>Descripción</i>	<i>Valor</i>
Número de obs.	34
Mínimo	48.190
Máximo	186.797
Sumatoria	3'297.643
Mediana	85.012
Media	96.990
Std. Error	6.373
Desv. Standar	37.158
Varianza	$1,38063 \times 10^9$
Sesgo	0,618
Kurtosis	-0,659

A partir de 1985 hasta el año 1997 la producción rebasó las 100.000 tm. de café, siendo éstos los mejores años para el caficultor ecuatoriano. La distribución de esta variable es ligeramente asimétrica hacia la derecha con

respecto a su valor central, pues el coeficiente de sesgo 0,618 es positivo. El valor $-0,659$ corresponde a la kurtosis e indica que la variable es platicúrtica. Los indicadores de la dispersión, varianza y desviación estándar, con sus valores $1,338063 \times 10^9$ y 37.158 respectivamente, muestran que los datos se encuentran muy dispersos con relación a su media. Ver Gráfico 3.6.



El histograma de frecuencias del Gráfico 3.6 muestra que la variable aleatoria producción, aparentemente sigue una distribución normal. Para probar la hipótesis de normalidad de esta variable con parámetros $\mu = 96.990$ y $\sigma^2 = 1,38063 \times 10^9$, utilizaremos la técnica de bondad de ajuste *Kolmogorov - Smirnov*.

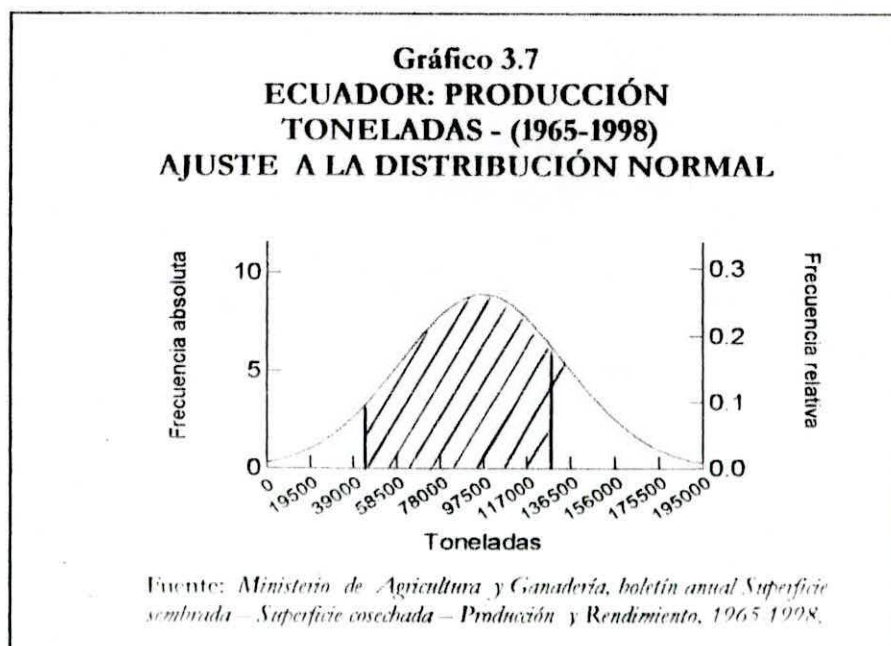
Definamos como X a la variable producción en toneladas métricas de café durante el período 1965 -1998, el contraste de hipótesis respectivo es:

$$H_0: X \sim N(96.990, 1,38063 \times 10^9)$$

vs

$$H_1: \neg H_0$$

El valor calculado del estadístico de prueba D es 0,166 al mismo que le corresponde un valor $p = 0,308$ significativamente alto para *no rechazar* H_0 . Por lo tanto, podemos afirmar que existe evidencia estadística para decir que la variable producción de café en el Ecuador durante el período 1965 -1998 es una variable normal $X \sim N(96.990, 1,38063 \times 10^9)$. En el Gráfico 3.7 vemos la aproximación de la variable producción a una distribución normal.



El primer cuartil Q_1 es 66.088 tm., de tal manera que la probabilidad estimada de producir de 40.000 a 66.088 tm. de café es 0,25. La mediana 85.012 tm. corresponde al valor del segundo cuartil Q_2 , es decir, que la probabilidad estimada de producir entre 40.000 y 85.012 tm. de café durante el período 1965-1998 es igual a 0,5.

El tercer cuartil Q_3 es igual a 127.000 tm. de café durante el período 1965-1998, por lo que 0,75 es la probabilidad estimada de producir de 40.000 a 127.000 tm. de café, es decir, el 75% de las observaciones ocurren hasta Q_3 . En el Gráfico 3.8 se presenta la distribución acumulada y el correspondiente diagrama de caja de la variable producción referente al período 1965-1998.

Al comparar los resultados de estas estimaciones con las probabilidades obtenidas a partir de la distribución normal $X \sim N(96.990, 1,38063 \times 10^9)$ se tiene que:

$$P(40 \leq X \leq 127) \Rightarrow P\left(\frac{40-96}{\sqrt{17}} \leq \frac{X-\mu}{\sigma} \leq \frac{127-96}{\sqrt{37}}\right) \Rightarrow P(-1,51 \leq Z \leq 0,84) = 0,73$$

donde X es la producción de café medida en miles de toneladas métricas.

El error entre la probabilidad estimada y la probabilidad obtenida a partir de la distribución normal es 0,02.

Gráfico 3.8
ECUADOR: PRODUCCIÓN
TONELADAS MÉTRICAS - (1965-1998)
DISTRIBUCIÓN ACUMULADA

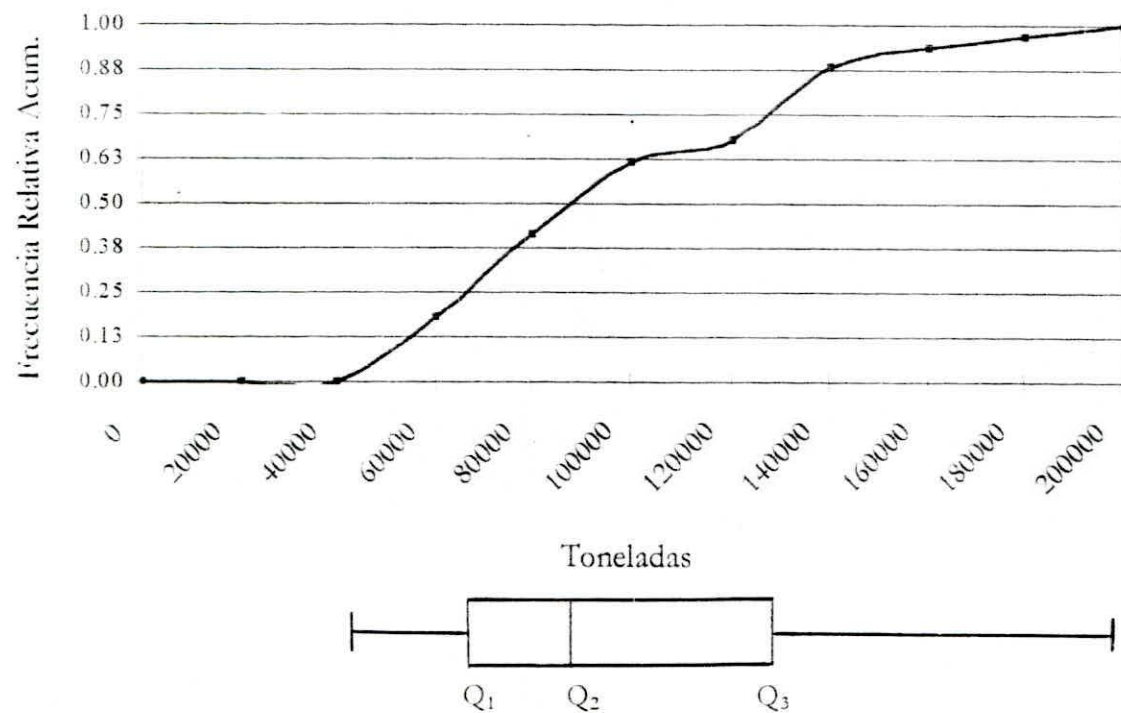


Tabla de valores	
<i>Toneladas De café</i>	<i>Frecuencia Relativa Acumulada</i>
40000	0.00
60000	0.18
66088	0.25
80000	0.41
85012	0.50
100000	0.62
120000	0.68
127000	0.75
140000	0.88
160000	0.94
180000	0.97
200000	1.00

3.2.4. RENDIMIENTO

El rendimiento es la cantidad en kilogramos de café que se producen por hectárea o unidad de área cultivada. En nuestro país el mayor rendimiento anual se dio en el año 1994 con 467 kilogramos de café producidos por hectárea cosechada. El mínimo rendimiento por hectárea que tuvo el Ecuador en sus cultivos de café, ocurrió en 1998 con 124 kg./ha.

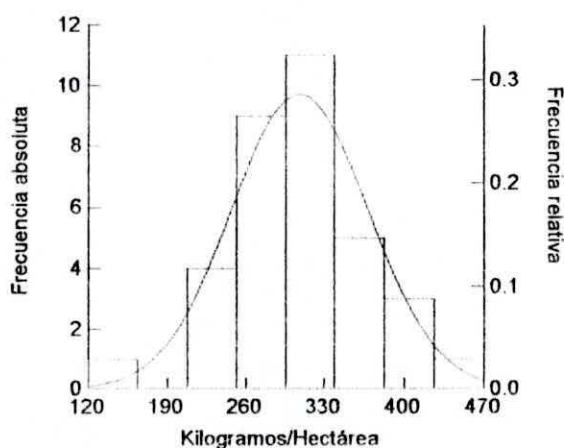
Tabla 3.5
ECUADOR: RENDIMIENTO
(1965-1998)
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

<i>Descripción</i>	<i>Valor</i>
Número de obs.	34
Mínimo	124
Máximo	467
Sumatoria	10.459
Mediana	319
Media	309
Std. Error	11
Desv. Standar	62
Varianza	3.719
Sesgo	-0,264
Kurtosis	2,129

Los datos del rendimiento son generados a partir de la superficie cosechada y producción de café, tomándosela a la variable rendimiento, como una medida de la eficiencia del cultivo en un período específico.

El rendimiento promedio por hectárea cosechada de café durante el período 1965-1998 fue 309 ± 11 kg./ha. En el Gráfico 3.9 notamos que la distribución es levemente asimétrica hacia la izquierda ya que el coeficiente de sesgo es negativo -0,264. El valor 2,129 correspondiente a la kurtosis, nos indica que esta variable es platicúrtica. Las observaciones se encuentran muy dispersas con respecto a su valor central, esto se debe a que la varianza es 3.719 y la desviación estándar 62. Ver Gráfico 3.9.

Gráfico 3.9
ECUADOR: RENDIMIENTO
KG/HAS. - (1965-1998)
HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS



Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, boletín anual *Superficie sembrada – Superficie cosechada – Producción y Rendimiento, 1965-1998*.

Dado el ajuste de la variable rendimiento con la distribución normal del Gráfico 3.9, emplearemos la técnica de bondad de ajuste *Kolmogorov - Smirnov* para confirmar la supuesta normalidad de esta distribución.

Definamos como variable X al rendimiento en kilogramos producidos por hectárea cosechada de café. La hipótesis nula es H_0 : X es normal con parámetros $\mu = 309$ y $\sigma^2 = 3.719$. Su respectivo contraste de hipótesis es:

$$H_0: X \sim N(309, 3.719)$$

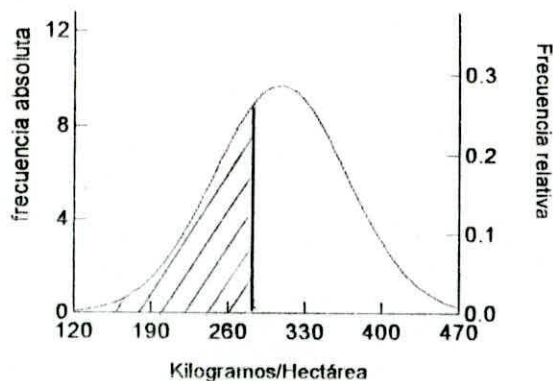
vs.

$$H_1: \neg H_0$$

El cálculo del valor del estadístico de prueba D es 0,132 y su correspondiente valor $p=0,594$. Valor muy alto para *no rechazar* H_0 , por lo que existe evidencia estadística para decir que la variable rendimiento de café por hectárea cosechada sigue una distribución normal $X \sim N(309, 3.719)$ durante el período 1965-1998.

La mediana es 319 kg./has., lo que indica que la probabilidad estimada que el rendimiento de café por hectárea cosechada en el período 1965-1998 se sitúe entre 120 y 319 kg./has es igual a 0,5.

Gráfico 3.10
ECUADOR: RENDIMIENTO
KG/HAS. - (1965-1998)
AJUSTE A LA DISTRIBUCIÓN NORMAL



Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, boletín anual Superficie sembrada – Superficie cosechada – Producción y Rendimiento, 1965-1998.

Q_1 es 268 kg./has., entonces la probabilidad estimada de producir de 120 a 268 kg./has. es 0,25. Q_3 es 340 kg./has. durante el período 1965-1998, por lo que la probabilidad estimada que el rendimiento de café por hectárea esté entre 120 y 340 kg. es 0,75. Ver Gráfico 3.11. Al comparar los resultados de las probabilidades estimadas con las probabilidades obtenidas a partir de la distribución normal $X \sim N(309, 3.719)$, se tiene que:

$$P(120 \leq X \leq 268) \Rightarrow P\left(\frac{120-309}{62} \leq \frac{X-\mu}{\sigma} \leq \frac{268-309}{62}\right) \Rightarrow P(-3,05 \leq Z \leq -0,66) = 0,253$$

$$P(120 \leq X \leq 319) \Rightarrow P\left(\frac{120-309}{62} \leq \frac{X-\mu}{\sigma} \leq \frac{319-309}{62}\right) \Rightarrow P(-3,05 \leq Z \leq 0,16) = 0,56$$

donde X es el rendimiento en kilogramos de café por hectárea. Los errores 0,003 y 0,062 corresponden a la probabilidad de que el rendimiento se sitúe entre los 120 y 268; y, 120 y 319 kg./has. respectivamente. Ver Gráfico 3.10.

Gráfico 3.11
ECUADOR: RENDIMIENTO
KG/HAS - (1965-1998)
DISTRIBUCIÓN ACUMULADA

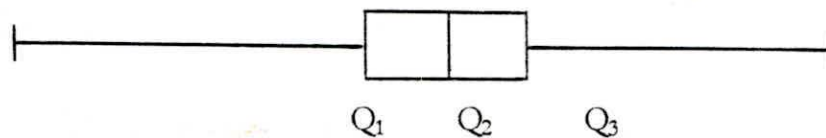
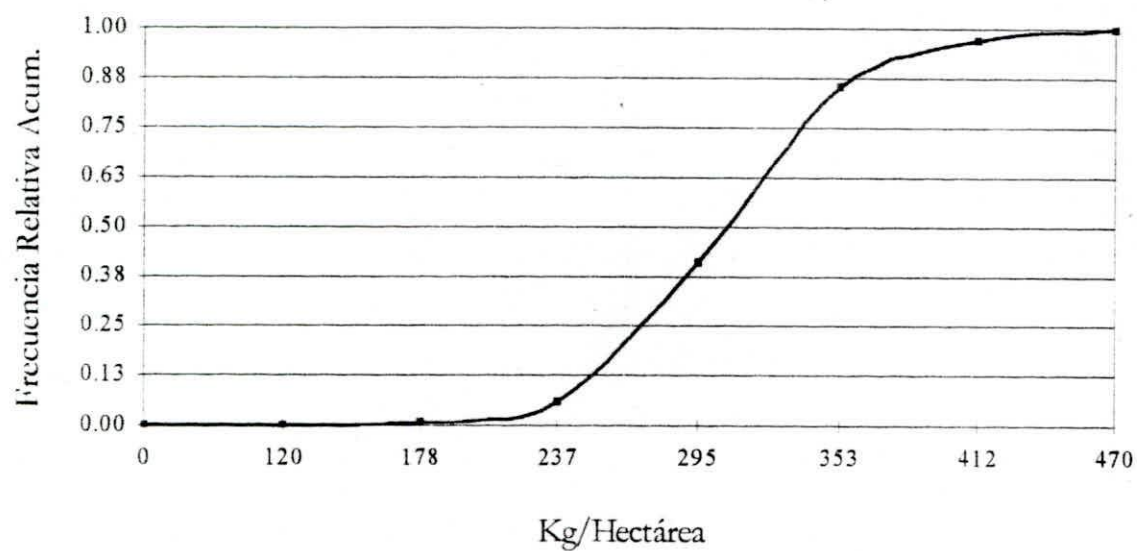


Tabla de valores	
<i>Kg/Has de café</i>	<i>Frecuencia Relativa Acumulada</i>
120	0.00
178	0.03
237	0.06
268	0.25
295	0.41
319	0.50
340	0.75
353	0.85
412	0.97
470	1.00

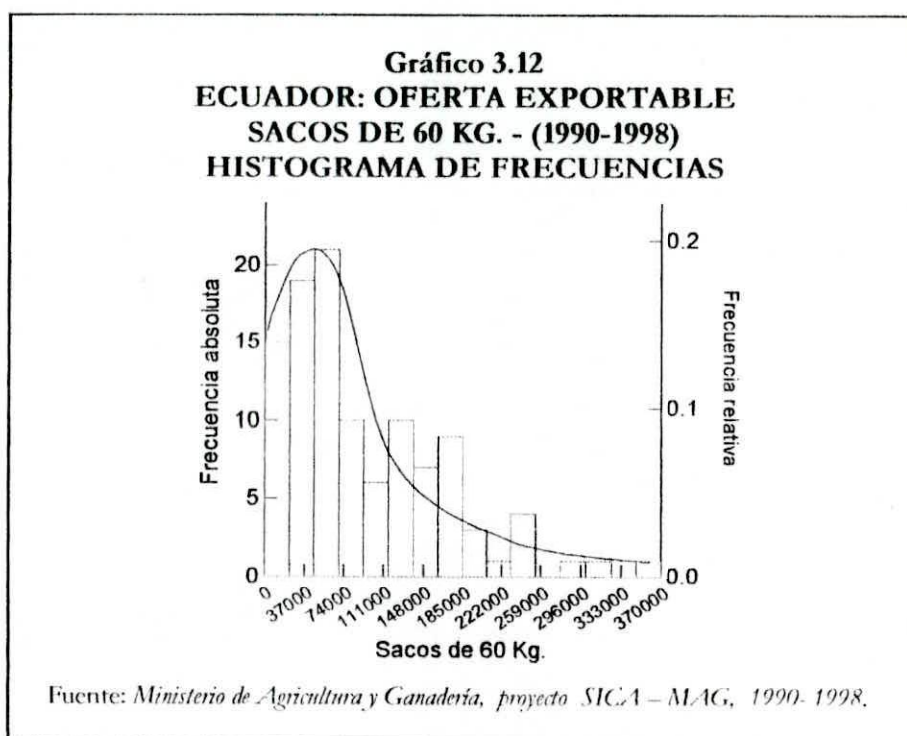
3.2.5. OFERTA EXPORTABLE

Debido al estímulo de la cadena productiva que se presentó en 1994 en el sector cafetalero ecuatoriano, en septiembre de ese año se exportaron 366.963 sacos de café en grano de 60 kg., siendo ésta la máxima cantidad exportada durante la década de los 90; así mismo, el peor año para la oferta exportable de café en grano durante el período 1990-1998 causado por desórdenes climáticos, fue en 1992 durante los meses julio y agosto. El promedio de exportaciones mensuales de café en grano durante este período fue de 92.702 ± 7.196 sacos (60 kg.).

Tabla 3.6
ECUADOR: OFERTA EXPORTABLE
SACOS DE 60 KG. - (1990-1998)
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

<i>Descripción</i>	<i>Valor</i>
Número de obs.	108
Mínimo	0
Máximo	366.963
Sumatoria	10'011.800
Mediana	67.345
Media	92.702
Std. Error	7.196
Desv. Standar	74.785
Varianza	$5,59283 \times 10^9$
Sesgo	1,144
Kurtosis	1,275

El coeficiente de sesgo 1,144 es positivo, lo que nos indica que la distribución es pronunciadamente asimétrica a la derecha. La distribución de esta variable es leptocúrtica, ya que posee un coeficiente de kurtosis de 1,275. La varianza y la desviación estándar son respectivamente $5,5928 \times 10^9$ y 74.785. Ver Gráfico 3.12.



Si observamos la forma de la distribución de la variable oferta exportable, nos hace suponer que ésta puede ser exponencial $X \sim E(\beta)$. Debido a este supuesto utilizaremos la técnica de bondad de ajuste *Kolmogorov - Smirnov* para afirmar o rechazar la hipótesis que la distribución es exponencial.

Definamos como variable X a la cantidad de sacos de café en grano exportados mensualmente durante 1990 – 1998. Su respectivo contraste de hipótesis es:

$$H_0: X \sim E(92.702)$$

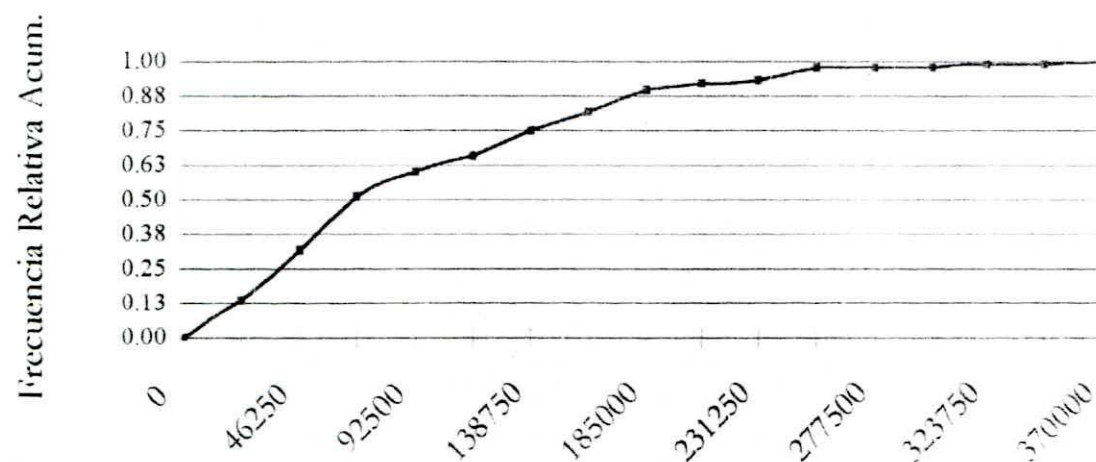
vs.

$$H_1: \neg H_0$$

El cálculo del valor del estadístico de prueba D es 0,597 y su correspondiente valor p asociado es cero, con tres decimales de precisión, por lo que *rechazamos* la hipótesis H_0 .

El Gráfico 3.13 presenta la distribución acumulada y el correspondiente diagrama de caja de la variable oferta exportable. El primer cuartil Q_1 nos indica que la probabilidad estimada de exportar menos de 38.088 sacos de 60 kg. de café en grano es 0,25. El cuartil Q_2 corresponde al valor de la mediana (67.345 sacos de 60 kg.), entonces la probabilidad estimada de exportar entre 0 y 67.345 sacos de 60 kg. de café en grano es 0,50. Finalmente, el tercer cuartil Q_3 es 138.750 sacos e indica que la probabilidad estimada de exportar entre 0 y 138.750 sacos de 60 kg. de café en grano dentro del período mensual de 1990-1998 es 0,75.

Gráfico 3.13
ECUADOR: OFERTA EXPORTABLE
SACOS DE 60 KILOGRAMOS - (1990-1998)
DISTRIBUCIÓN ACUMULADA



Sacos de 60 Kg

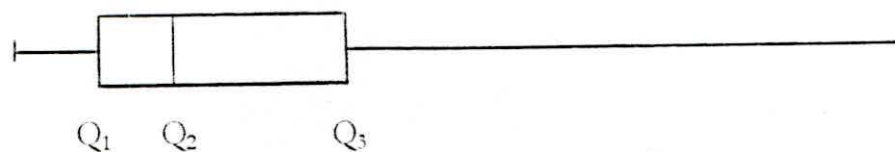


Tabla de valores

<i>Sacos de 60 kilogramos</i>	<i>Frecuencia Relativa Acumulada</i>
0	0.00
23125	0.14
38088	0.25
46250	0.31
67345	0.50
69375	0.51
92500	0.60
115625	0.66
138750	0.75
161875	0.81
185000	0.90
208125	0.93
231250	0.94
254375	0.97
277500	0.97
300625	0.98
323750	0.99
346875	0.99
370000	1.00

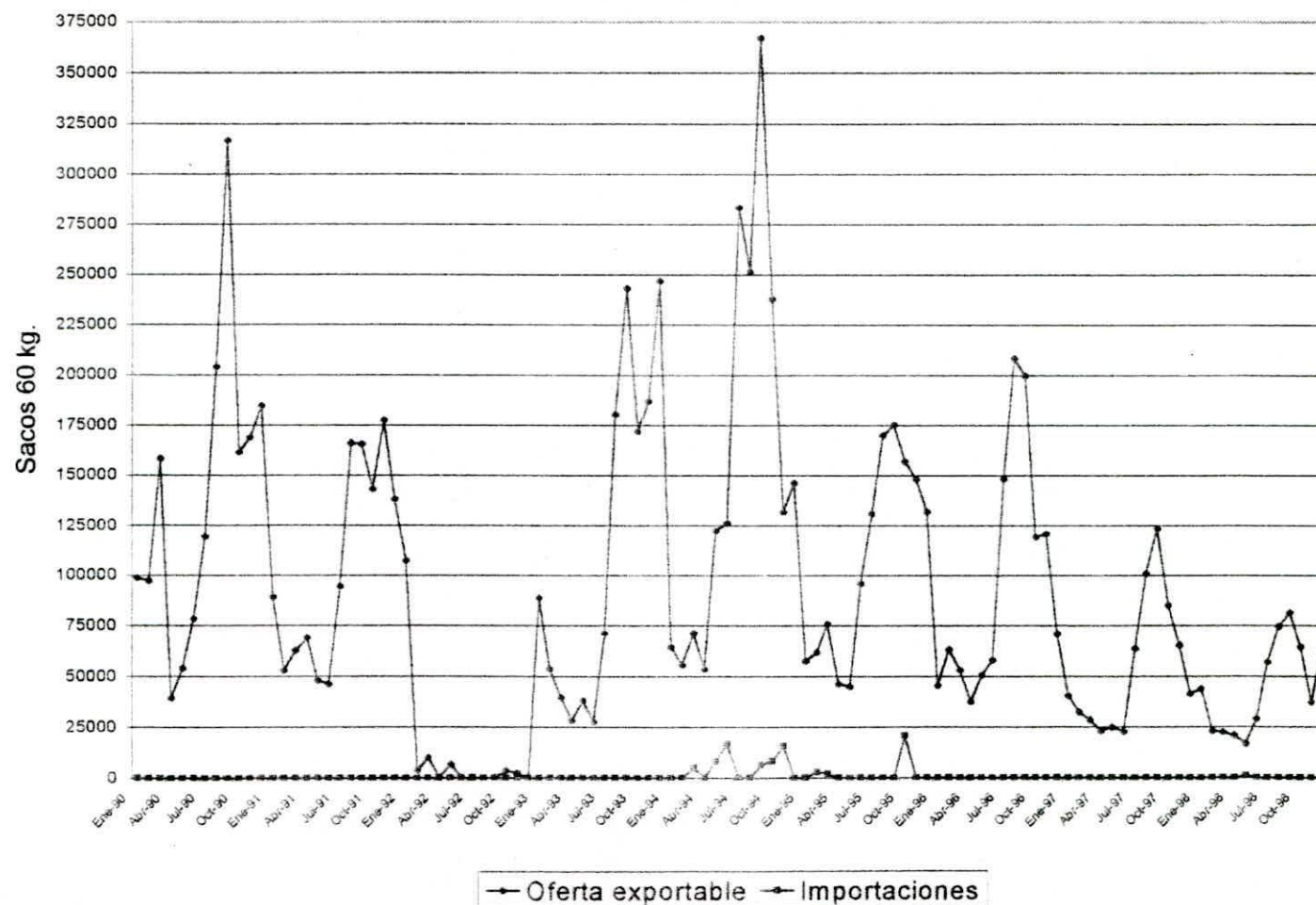
3.2.6. IMPORTACIONES

Las importaciones de café en grano en nuestro país son relativamente bajas, esto se debe a que empresas ecuatorianas dedicadas a la industrialización de café utilizan en un mayor porcentaje como materia prima, café en grano de procedencia nacional. Durante el período 1990-1998 se importaron un total de 88.662 sacos de 60 kg., con un máximo de 20.833 sacos en el mes de octubre de 1995 debido a que las existencias de café para atender la demanda interna disminuyeron notablemente ya que las exportaciones aumentaron en 1995. Con una frecuencia de 0,37 no se importaron sacos de café durante este período. Ver Tabla 3.7.

Tabla 3.7
ECUADOR: IMPORTACIONES DE CAFÉ EN GRANO
SACOS DE 60 KG. - (1990-1998)
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

<i>Descripción</i>	<i>Valor</i>
Número de obs.	108
Mínimo	0
Máximo	20.833
Sumatoria	88.662
Mediana	3
Media	822
Std. Error	309
Desv. Standar	3.208
Varianza	10,2973x10 ⁶
Sesgo	4,72
Kurtosis	23,096

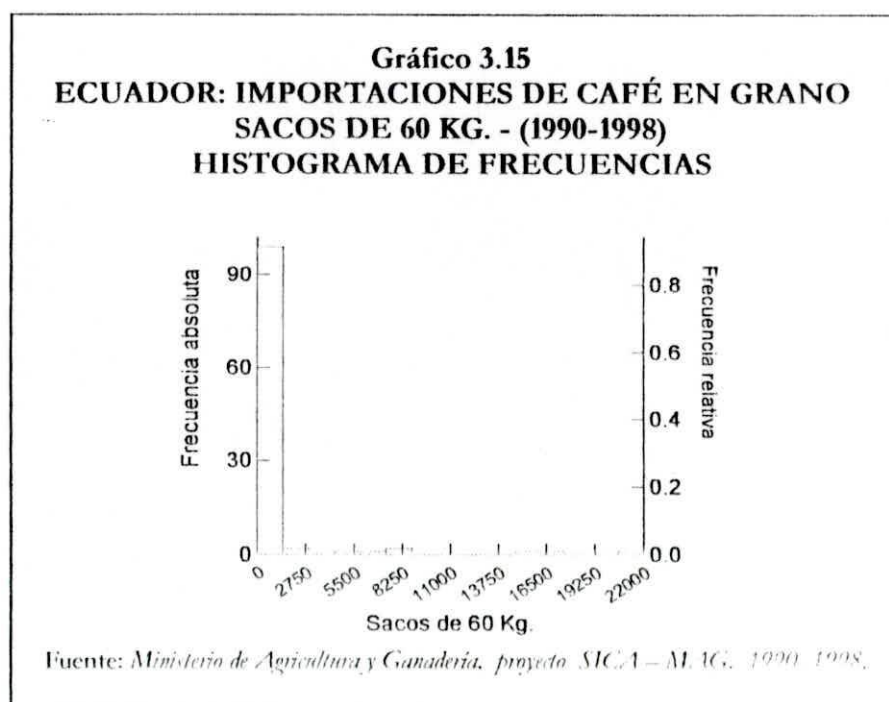
Gráfico 3.14
ECUADOR: COMPARACIÓN ENTRE IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES DE CAFÉ EN GRANO



Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, proyecto SICA - MAG, 1990-1998.

En las series temporales del Gráfico 3.14 se comparan la oferta exportable con las importaciones de café en grano. Se observa que las exportaciones mensuales son relativamente altas con relación a las importaciones.

Durante el período mensual de 1990-1998 se importaron un promedio de 822 ± 309 sacos de 60 kg. de café en grano, con cero sacos importados en 42 meses, en este mismo período. Esta variable es asimétrica a la derecha con relación a su valor central, pues el coeficiente de sesgo es positivo 4,72. El coeficiente de kurtosis es 23,09 por lo que la distribución es leptocúrtica. La varianza es $10,2973 \times 10^6$ y la desviación estándar 3.208, lo que indica que los datos se encuentran muy dispersos con relación a su media, y hace que el error estándar 309 sea alto. Ver Gráfico 3.15.



3.2.7. PRECIO INTERNACIONAL

De los precios mínimos referenciales de café en grano establecidos por la Organización Internacional del Café durante el período mensual 1990 -1998, el máximo precio referencial por libra de café fue 203 ctvs. US\$ en septiembre de 1994 y 46 ctvs. US\$ por libra el mínimo en agosto de 1992. Ver Tabla 3.8.

Tabla 3.8
ECUADOR: PRECIO INTERNACIONAL
CENTAVOS DE DÓLAR POR LIBRA – (1990-1998)
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

<i>Descripción</i>	<i>Valor</i>
Número de obs.	108
Mínimo	46
Máximo	203
Sumatoria	10.453
Mediana	95
Media	98
Std. Error	5
Desv. Standar	39
Varianza	1.438
Sesgo	0,752
Kurtosis	-0,241

Si analizamos las variaciones en los precios durante este período, 1992 y 1996 fueron los años en los que ocurrieron las mayores disminuciones de precios de este producto. Ver Tabla 3.9.

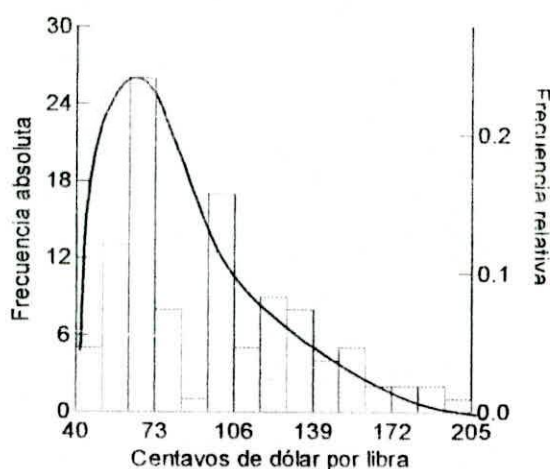
Tabla 3.9
ECUADOR: PRECIO INTERNACIONAL
CENTAVOS DE DÓLAR POR LIBRA – (1990-1998)
VARIACIONES ANUALES

	<i>Precio</i> <i>(Cts. US\$ por libra)</i>	<i>Variación</i> <i>(%)</i>
1990	71.53	-
1991	66.8	(0.07)
1992	53.35	(0.25)
1993	61.63	0.13
1994	134.45	0.54
1995	138.42	0.03
1996	102.07	(0.36)
1997	133.91	0.24
1998	108.95	(0.23)

Fuente: Boletín anual de precios, Organización Internacional del Café.

El precio promedio de café en grano se situó en los 98 ± 5 centavos de dólar por libra. El valor 0,752 correspondiente al coeficiente de sesgo es positivo, lo que indica que las frecuencias más altas corresponden a los precios más bajos. Esta variable es platicúrtica (kurtosis = -0,241) ya que es plana con relación a la variable aleatoria normal estándar. La varianza es 1.438 y la desviación estándar 39. Ver Gráfico 3.16.

Gráfico 3.16
ECUADOR: PRECIO INTERNACIONAL
CENTAVOS DE DÓLAR POR LIBRA – (1990-1998)
HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS



Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, proyecto SICA-MAG, 1990-1998.

En el Gráfico 3.16 notamos que la distribución de la variable precio internacional aparentemente sigue una distribución exponencial, por lo que haremos uso de la técnica de bondad de ajuste *Kolmogorov - Smirnov* para afirmar o rechazar este supuesto.

Definamos como variable X al precio mínimo referencial pagado por libra de café en grano durante el período mensual 1990 - 1998. La hipótesis nula planteada es que la variable X sigue una distribución exponencial con parámetros $\beta = 98$.

Su respectivo contraste de hipótesis es:

$$H_0: X \sim I_1(98)$$

vs.

$$H_1: \neg H_0$$

El valor calculado del estadístico de prueba **D** es 0,463 y su correspondiente valor **p** es igual a cero, con tres decimales de precisión, por lo que *rechazamos* la hipótesis nula H_0 .

El primer cuartil Q_1 corresponde a 67 ctvs. US\$ por libra, lo que indica que la probabilidad estimada que el precio se sitúe entre 46 y 67 ctvs. US\$ por libra es 0,25. El valor de la mediana (95 ctvs. US\$ por libra) corresponde al segundo cuartil Q_2 , lo que significa que la probabilidad estimada que el precio del café en grano bajara de los 95 ctvs. US\$ por libra durante el período 1990-1998 es igual a 0,5. El tercer cuartil Q_3 es 125 ctvs. US\$ por libra, por lo que la probabilidad estimada que el precio de café en grano se encuentre entre 46 y 125 ctvs. US\$ por libra es igual a 0,75. La respectiva distribución acumulada y diagrama de caja se presenta en el Gráfico 3.17.

Gráfico 3.17
ECUADOR: PRECIO INTERNACIONAL
CENTAVOS DE DÓLAR POR LIBRA - (1990-1998)
DISTRIBUCIÓN ACUMULADA

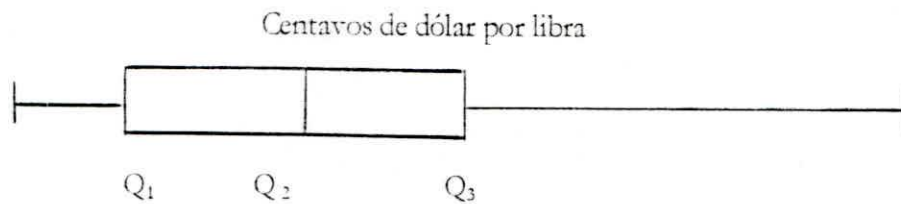
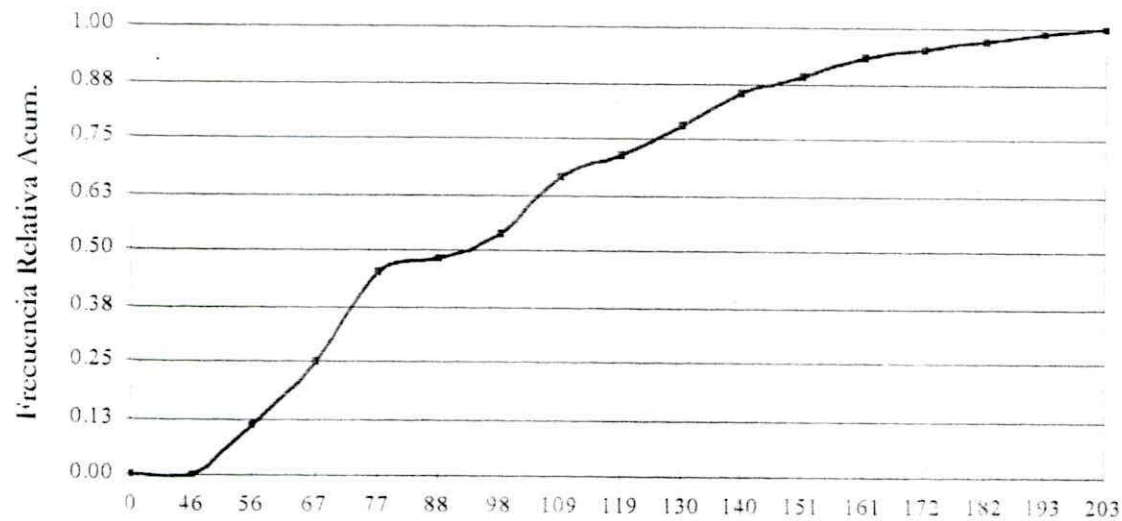


Tabla de valores

<i>Centavos de dólar por libra</i>	<i>Frecuencia Relativa Acumulada</i>
46	0.00
56	0.11
67	0.25
77	0.45
88	0.48
95	0.50
98	0.54
109	0.67
119	0.71
125	0.75
130	0.78
140	0.85
151	0.89
161	0.94
172	0.95
182	0.97
193	0.99
203	1.00

3.2.8. TIPO DE CAMBIO

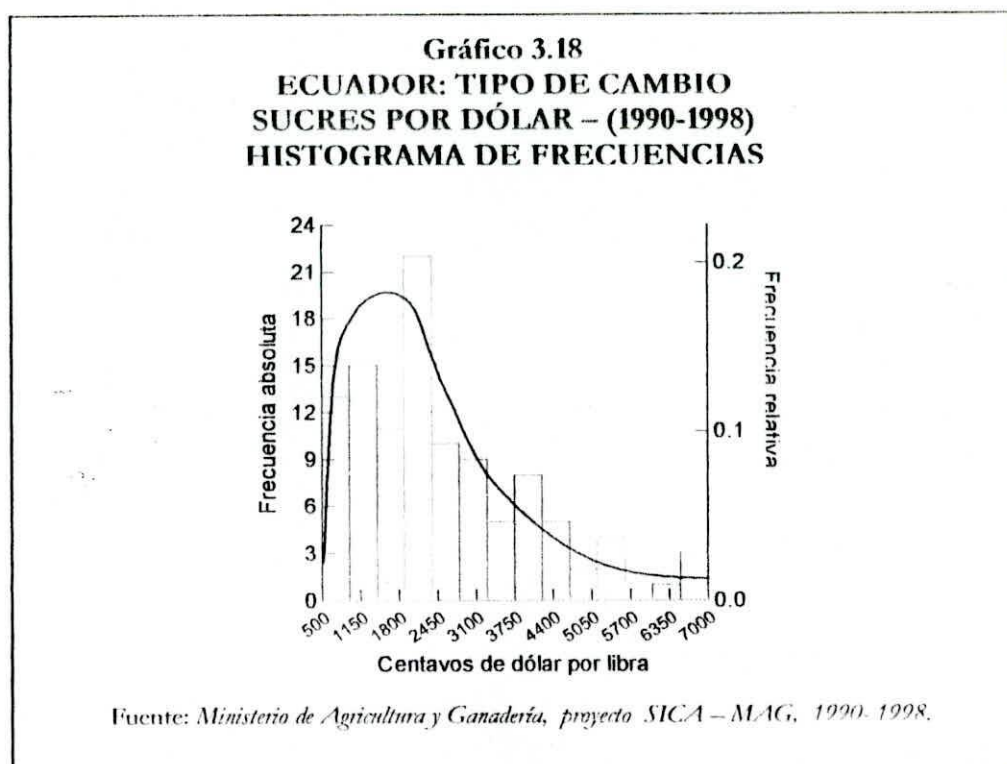
El tipo de cambio promedio mensual en el Ecuador durante el período 1990-1998 fue 2.544 ± 141 sucres, con un mínimo de 686 sucres por dólar en el mes de enero de 1990 y un máximo de 6.800 sucres en diciembre de 1998. Podemos notar que en nuestro país el tipo de cambio es una variable que se incrementó paulatinamente hasta llegar en la actualidad a un tipo de cambio fijo de 25.000 sucres por dólar, en enero del 2000. Ver Tabla 3.10.

Tabla 3.10
ECUADOR: TIPO DE CAMBIO
SUCRES POR DÓLAR – (1990-1998)
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

<i>Descripción</i>	<i>Valor</i>
Número de obs.	108
Mínimo	686
Máximo	6.800
Sumatoria	274.630
Mediana	2.177
Media	2.544
Std. Error	141
Desv. Standar	1470
Varianza	$2,160736 \times 10^6$
Sesgo	1,013
Kurtosis	0,578

El coeficiente del sesgo de esta variable es positivo (1,01) debido a que los datos se concentran más hacia la izquierda de su media. El valor

correspondiente al coeficiente de kurtosis es 0,578 por lo que decimos que es una variable platicúrtica. La varianza es $2,160736 \times 10^6$ y la desviación estándar 1.470.



Si observamos el Gráfico 3.18 notamos que el comportamiento que toma la distribución de la variable tipo de cambio tiene cierta semejanza con una distribución exponencial.

Emplearemos la técnica de bondad de ajuste *Kolmogorov – Smirnov* con el objeto de afirmar o rechazar la hipótesis H_0 : La variable aleatoria X sigue una distribución exponencial con parámetro $\beta = 2.500$ donde la variable X es el tipo de cambio definida durante el período 1990-1998. Su respectivo contraste de hipótesis es:

$$H_0: X \sim E(2.500)$$

vs.

$$H_1: \neg H_0$$

El valor calculado del estadístico de prueba D es 0,586 y su correspondiente valor p es cero, con tres decimales de precisión, por lo que *no aceptamos* la hipótesis nula H_0 .

El valor correspondiente a la mediana y al segundo cuartil Q_2 es 2.177 sucres, lo que significa que la probabilidad estimada que el tipo de cambio en el Ecuador bajara de los 2.177 sucres por dólar durante el período 1990-1998 es 0,5. El primer cuartil Q_1 es 1.379 sucres, lo que indica que la probabilidad estimada que el tipo de cambio se situara a menos de 1.379 sucres por dólar es 0,25. El tercer cuartil Q_3 es 3.300 sucres por dólar, por lo que la probabilidad estimada que el tipo de cambio sea a lo mucho 3.300 sucres durante el período 1965-1998 es igual a 0,75. Ver en el Gráfico 3.19 la distribución acumulada y su respectivo diagrama de caja.

Gráfico 3.19
ECUADOR: TIPO DE CAMBIO
SUCRES POR DÓLAR - (1990-1998)
DISTRIBUCIÓN ACUMULADA

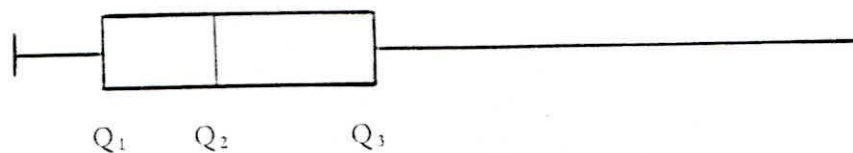
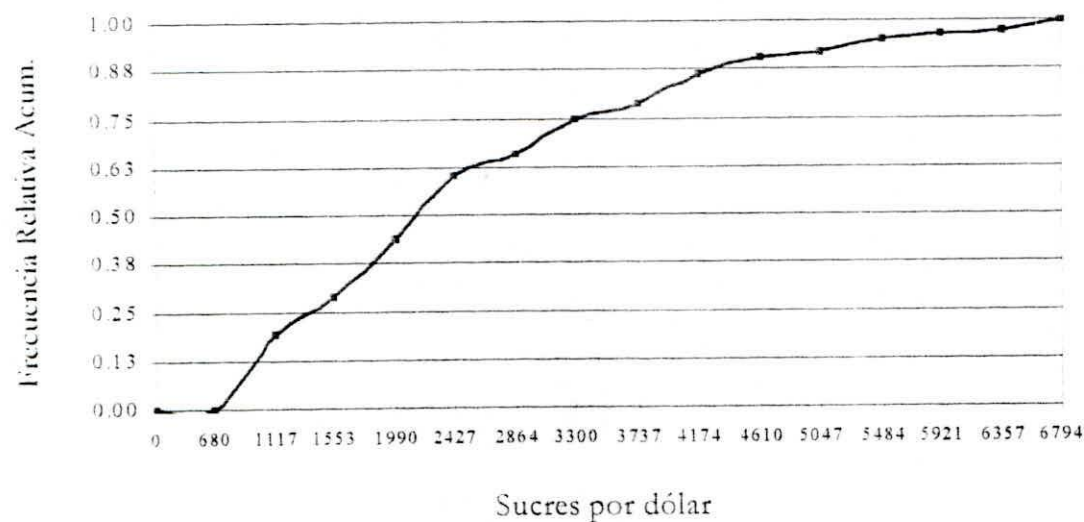


Tabla de valores

<i>Sucres por dólar</i>	<i>Frecuencia Relativa Acumulada</i>
680	0.00
1117	0.19
1379	0.25
1553	0.29
1990	0.44
2177	0.50
2427	0.60
2864	0.66
3300	0.75
3737	0.79
4174	0.86
4610	0.91
5047	0.92
5484	0.95
5921	0.96
6357	0.98
6794	1.00

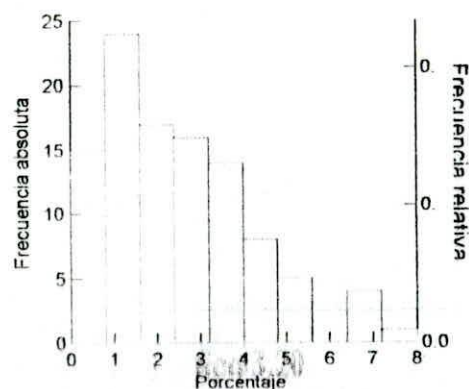
3.2.9. ÍNDICE DE PRECIOS AL CONSUMIDOR

El índice de precios promedio al consumidor en el Ecuador durante el período mensual de 1990 a 1998 fue $2,62 \pm 0,17$ por ciento. El mínimo índice de precios se registró en el mes de julio de 1994 con el 0% y un máximo de 7,9% en octubre de 1992. El coeficiente de sesgo es 0,77 lo que nos indica que los datos de esta variable son asimétricos hacia la derecha. La distribución es platicúrtica ya que el coeficiente de kurtosis es 0,05; la varianza de esta variable es 3,07 y desviación estándar 1,75.

Tabla 3.11
ECUADOR: ÍNDICE DE PRECIOS
PORCENTAJE - (1990-1998)
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

<i>Descripción</i>	<i>Valor</i>
Número de obs.	108
Mínimo	0
Máximo	7,9
Mediana	2,35
Media	2,62
Std. Error	0,17
Desv. Standar	1,75
Varianza	3,07
Sesgo	0,77
Kurtosis	0,05

Gráfico 3.20
ECUADOR: ÍNDICE DE PRECIOS
PORCENTAJE – (1990-1998)
HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS



Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, proyecto SICA – MAC, 1990-1998.

En el Gráfico 3.20 notamos que la distribución de la variable índice de precios al consumidor aparentemente sigue una distribución exponencial, por tal razón emplearemos la técnica de bondad de ajuste *Kolmogorov - Smirnov* para afirmar o rechazar el supuesto.

Definamos como variable X ; El índice de precios al consumidor durante el período 1990-1998. La hipótesis planteada es H_0 : X sigue una distribución exponencial con parámetro $\beta = 2,60$.

El respectivo contraste de hipótesis es:

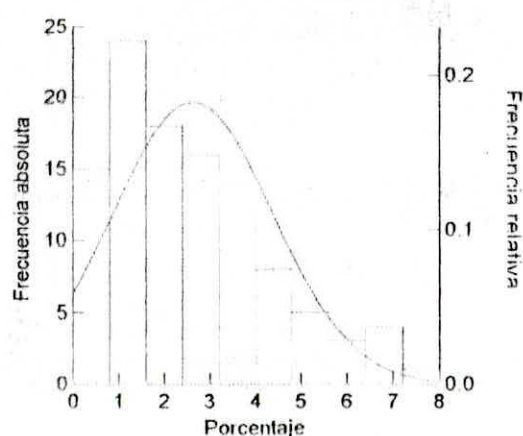
$$H_0: X \sim E(2,60)$$

vs.

$$H_1: \neg H_0$$

El cálculo del valor del estadístico de prueba D es 0,081 y su correspondiente valor p es igual a 0,484 siendo un valor relativamente alto para *no rechazar* la hipótesis nula H_0 . Por lo que decimos que existe evidencia estadística para afirmar que la variable índice de precios al consumidor definida durante el período mensual 1990 - 1998 es una variable exponencial con parámetro $\beta = 2,60$. En el Gráfico 3.21 se puede apreciar el ajuste de esta variable a una distribución exponencial.

Gráfico 3.21
ECUADOR: ÍNDICE DE PRECIOS
PORCENTAJE - (1990-1998)
AIJSTE A LA DISTRIBUCIÓN EXPONENCIAL



Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, proyecto SIC 1-M 16, 1990-1998.

3.2.10. PIB AGRÍCOLA

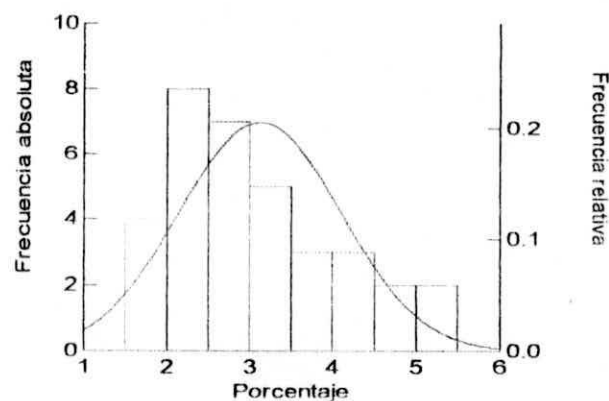
Para analizar la variable PIB agrícola, se debe tener en cuenta que el cultivo del café pertenece al rubro de agricultura, silvicultura, pesca y caza; y, dentro de este rubro está representado conjuntamente el banano y el cacao. Durante el período anual de 1965-1998 esta variable tuvo su mínima participación en el año 1983 con 1,8% y su máxima en 1965 con 5,3%. Ver Tabla 3.12.

Tabla 3.12
ECUADOR: PIB AGRÍCOLA
(1965-1998)
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

<i>Descripción</i>	<i>Valor</i>
Núm. de observaciones	34
Mínimo	1,8
Máximo	5,3
Sumatoria	107
Mediana	2,7
Media	3,1
Std. Error	0,167
Desv. Standar	0,971
Varianza	0,943
Sesgo	0,774
Kurtosis	-0,451

El banano, café y cacao tuvieron una aportación promedio de $3,1 \pm 0,167\%$ durante el período 1965-1998. El coeficiente de sesgo es positivo, siendo ligeramente asimétrica a la derecha con respecto a su media; el coeficiente de kurtosis es negativo $-0,45$ lo que indica que esta variable es platicúrtica. Su varianza es $0,943$ y su desviación estándar igual a $0,971$.

Gráfico 3.22
ECUADOR: PIB AGRÍCOLA
PORCENTAJE - (1965-1998)
HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS



Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, boletín anual Superficie sembrada – Superficie cosechada – Producción y Rendimiento, 1965-1998.

En el Gráfico 3.22 notamos que la distribución de la variable PIB agrícola parece seguir una distribución normal, debido a esto utilizaremos la técnica de bondad de ajuste *Kolmogorov - Smirnov* para afirmar o rechazar la hipótesis H_0 : La variable PIB agrícola definida durante el período 1965-1998 sigue una

distribución normal con parámetros $\mu = 3,1$ y $\sigma^2 = 0,94$. El contraste de hipótesis respectivo es:

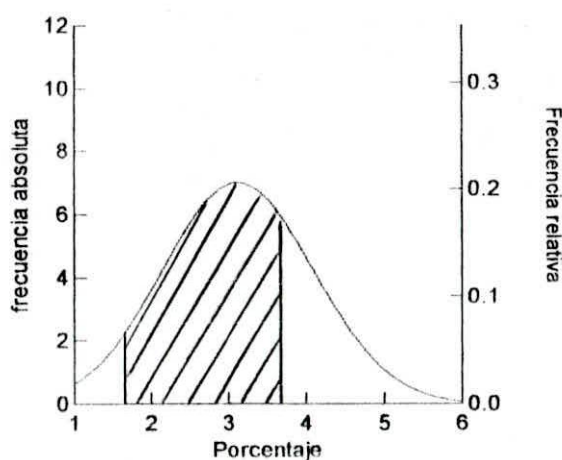
$$H_0: X \sim N(3,1, 0,94)$$

vs.

$$H_1: \neg H_0$$

El valor calculado del estadístico de prueba $D = \max_{\forall x} |F_o(x) - \hat{F}(x)|$ es 0,189 y su valor **p** asociado es igual a 0,175 siendo este valor significativamente alto para *no rechazar* la hipótesis H_0 de normalidad. Por lo tanto, podemos decir que existe evidencia estadística para afirmar que la variable PIB agrícola definida durante el período 1965-1998 es una variable aleatoria normal $X \sim N(3,1, 0,94)$.

Gráfico 3.23
ECUADOR: PIB AGRÍCOLA
PORCENTAJE – (1965-1998)
AJUSTE A LA DISTRIBUCIÓN NORMAL



Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, boletín anual Superficie sembrada – Superficie cosechada – Producción y Rendimiento, 1965-1998.

En el Gráfico 3.23 es notorio como la variable se ajusta a la forma de una distribución normal. La mediana 2,7 corresponde al valor del segundo cuartil Q_2 , lo que significa que la probabilidad estimada que el porcentaje de participación del café, banano y cacao al PIB agrícola total se encuentre entre 1,8 y 2,7% en el período 1965-1998 es igual a 0,5. La probabilidad estimada que el porcentaje de participación sea menor a 2,37% es igual a 0,25 siendo 2,37% el primer cuartil Q_1 . El tercer cuartil Q_3 es 3,93% durante el período 1965-1998, por lo que la probabilidad estimada que el porcentaje de participación esté entre 1,8 y 3,93% es igual a 0,75. En el Gráfico 3.24. se presenta la distribución acumulada y su respectivo diagrama de caja.

Las estimaciones de los cuartiles son comparadas con las probabilidades obtenidas a partir de la distribución normal $X \sim N(3,1, 0,94)$. Así, la probabilidad estimada que el porcentaje de participación se encuentre entre 1,8% y 3,9% es 0,75; mientras que si calculamos la probabilidad basándonos en la distribución normal estándar obtenemos:

$$P(1,8 \leq X \leq 3,9) \Rightarrow P\left(\frac{1,8-3,1}{0,97} \leq Z \leq \frac{3,9-3,1}{0,97}\right) \Rightarrow P(-1,34 \leq Z \leq 0,82) = 0,71$$

donde X es la variable PIB agrícola.

El error que resulta de la probabilidad estimada 0,75 y la probabilidad obtenida a partir de la distribución normal 0,71 es 0,04.

Gráfico 3.24
ECUADOR: PIB AGRÍCOLA
PORCENTAJE - (1965-1998)
DISTRIBUCIÓN ACUMULADA

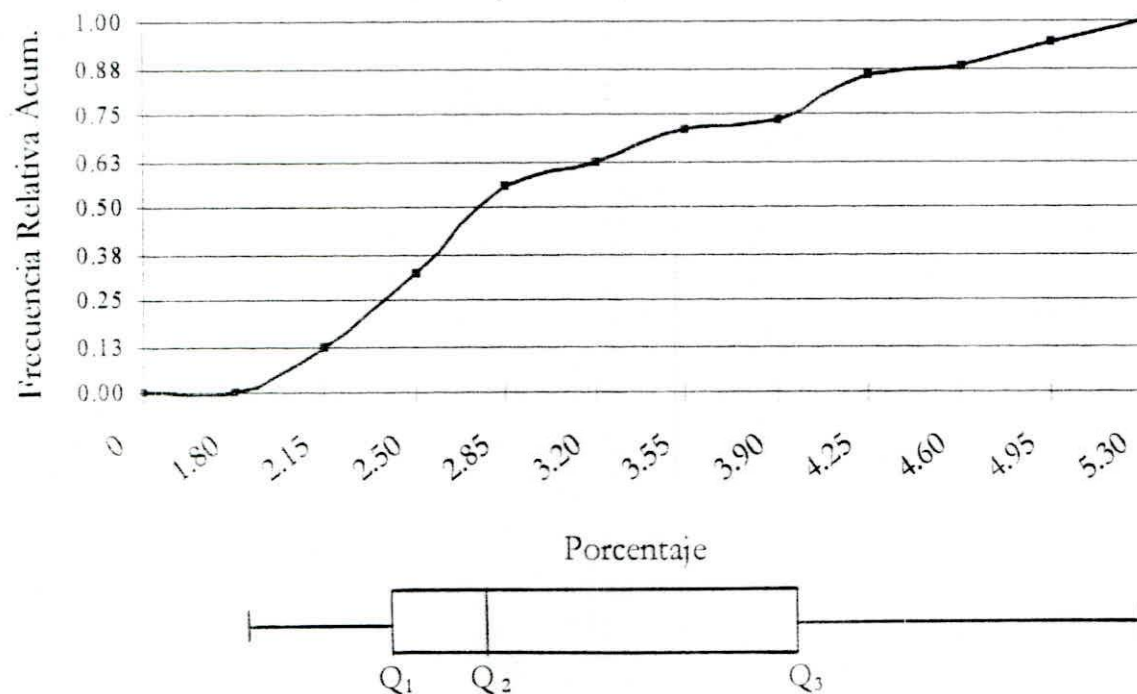


Tabla de valores	
Porcentaje de Partición	Frecuencia Relativa Acumulada
1.80	0.00
2.15	0.12
2.37	0.25
2.50	0.32
2.70	0.50
2.85	0.56
3.20	0.62
3.55	0.71
3.90	0.74
3.93	0.75
4.25	0.85
4.60	0.88
4.95	0.94
5.30	1.00

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS MULTIVARIADO:

PRODUCCIÓN DEL CAFÉ EN EL ECUADOR

4. ANÁLISIS MULTIVARIADO: PRODUCCIÓN DEL CAFÉ EN EL ECUADOR

4.1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este capítulo es analizar de manera conjunta las variables de nuestro interés, es decir, obtener información que involucre a dos o más de ellas simultáneamente. Además, investigaremos la dependencia entre variables y la posible reducción de los datos sin sacrificar información valiosa, para este propósito utilizaremos técnicas estadísticas multivariadas como: análisis de correlación, para estudiar la relación de linealidad entre dos variables; y, análisis de componentes principales, para lograr reducir el número de variables iniciales.

4.2. TÉCNICAS ESTADÍSTICAS MULTIVARIADAS

4.2.1. CORRELACIÓN LINEAL

Si $X_1, X_2, \dots, X_n$ son variables aleatorias de tipo discreto o de tipo continuo, entonces:

$\mathbf{X}$ es un *vector aleatorio* tal que: $\mathbf{X} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{bmatrix}$, donde $\mathbf{X} \in R^n$.

Sea $\mathbf{A}$ una matriz que tiene m renglones y n columnas tal que:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2n} \\ X_{31} & X_{32} & \cdots & X_{3n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{m1} & X_{m2} & \cdots & X_{mn} \end{bmatrix} = (X_{ij}): i=1,2,\dots,m \text{ y } j=1,2,\dots,n.$$

donde X_{ij} es una variable aleatoria, entonces $\mathbf{A} \in \mathbf{M}_{m \times n}$ es una *matriz aleatoria*.

Sea $\mathbf{X} \in R^n$ un vector aleatorio, entonces el *valor esperado de $\mathbf{X}$* , denotado por

$E[\mathbf{X}] = \boldsymbol{\mu}$ es:

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{bmatrix} \Rightarrow E[\mathbf{X}] = \begin{bmatrix} E[X_1] \\ E[X_2] \\ \vdots \\ E[X_n] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ \vdots \\ \mu_n \end{bmatrix} = \boldsymbol{\mu}, \text{ donde } E[X_i] = \mu_i; i=1,2,\dots,n.$$

Para el caso particular de una matriz aleatoria $\mathbf{A} = (X_{ij}); i=1,2,3 \text{ y } j=1,2$, el valor esperado de $\mathbf{A}$, denotado por $E[\mathbf{A}] = (E[X_{ij}])$ es:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} \\ X_{21} & X_{22} \\ X_{31} & X_{32} \end{bmatrix} \Rightarrow E[\mathbf{A}] = \begin{bmatrix} E[X_{11}] & E[X_{12}] \\ E[X_{21}] & E[X_{22}] \\ E[X_{31}] & E[X_{32}] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mu_{11} & \mu_{12} \\ \mu_{21} & \mu_{22} \\ \mu_{31} & \mu_{32} \end{bmatrix}$$

donde $X_{11}, X_{12}, \dots, X_{32}$ son variables aleatorias.

Este concepto se generaliza a una matriz aleatoria $\mathbf{A} = (X_{ij}); i=1,2,\dots,m$ y $j=1,2,\dots,n$ que está constituida por los valores esperados de cada una de las variables aleatorias que la componen.

Sea $\mathbf{X} \in R^n$ un vector aleatorio, la *matriz de varianzas y covarianzas* de $\mathbf{X}$ denotada por Σ se define como:

$$\Sigma = \text{cov}(X_i, X_j) = E[(\mathbf{X} - \boldsymbol{\mu})(\mathbf{X} - \boldsymbol{\mu})^T]$$

$$\Rightarrow \Sigma = E \left(\begin{bmatrix} X_1 - \mu_1 \\ X_2 - \mu_2 \\ \vdots \\ X_n - \mu_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 - \mu_1 & X_2 - \mu_2 & \cdots & X_n - \mu_n \end{bmatrix} \right)$$

$$= \begin{bmatrix} E(X_1 - \mu_1)^2 & E(X_1 - \mu_1)(X_2 - \mu_2) & \cdots & E(X_1 - \mu_1)(X_n - \mu_n) \\ E(X_2 - \mu_2)(X_1 - \mu_1) & E(X_2 - \mu_2)^2 & \cdots & E(X_2 - \mu_2)(X_n - \mu_n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ E(X_n - \mu_n)(X_1 - \mu_1) & E(X_n - \mu_n)(X_2 - \mu_2) & \cdots & E(X_n - \mu_n)^2 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} \sigma_{11}^2 & \sigma_{12} & \cdots & \sigma_{1n} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22}^2 & \cdots & \sigma_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{n1} & \sigma_{n2} & \cdots & \sigma_{nn}^2 \end{bmatrix} \Rightarrow \Sigma = \text{cov}(\mathbf{X})$$

Nótese que $\Sigma = (\sigma_{ij})$ es simétrica ya que $\sigma_{ij} = \sigma_{ji}$, $i \neq j$ y cuando $i = j$:

$$\sigma_{ii} = \text{cov}(X_i, X_i) = E[(X_i - \mu_i)(X_i - \mu_i)] = \sigma_i^2.$$

El *coeficiente de correlación* ρ_{ij} entre las variables X_i y X_j se lo define como:

$$\rho_{ij} = \frac{\text{cov}(X_i, X_j)}{\sigma_i \sigma_j}; \text{ donde } i \neq j, i, j = 1, 2, \dots, n \text{ y } \sqrt{\sigma_i^2} = \sigma_i.$$

Se puede demostrar que $-1 \leq \rho_{ij} \leq 1$; $i \neq j$ ya que $\sigma_i^2 \geq 0$.

Se denota como ρ a la *matriz de correlación* de X , donde $X \in R^n$ tal que:

$$\rho = \begin{bmatrix} 1 & \rho_{12} & \rho_{13} & \cdots & \rho_{1n} \\ \rho_{21} & 1 & \rho_{23} & \cdots & \rho_{2n} \\ \rho_{31} & \rho_{32} & 1 & \cdots & \rho_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{n1} & \rho_{n2} & \rho_{n3} & \cdots & 1 \end{bmatrix} = (\rho_{ij}): i=1,2,\dots,n \text{ y } j=1,2,\dots,n.$$

Nótese que para $i=j$: $\rho_{ii} = \frac{\text{cov}(X_i, X_i)}{\sigma_i \sigma_i} = \frac{\sigma_i^2}{\sigma_i \sigma_i} = \frac{\sigma_i^2}{\sigma_i^2} = 1$. Además, ρ es

simétrica ($n \times n$) y los elementos de su diagonal principal son todos 1. Cuando las variables aleatorias $X_1, X_2, \dots, X_n$ son independientes, ρ es igual a la *matriz identidad*, puesto que la $\text{cov}(X_i, X_j)=0$.

Se conoce como $V^{1/2}$ a la *matriz de desviaciones típicas* de $X_1, X_2, \dots, X_n$.

$$V^{1/2} = \begin{bmatrix} \sqrt{\sigma_{11}} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \sqrt{\sigma_{22}} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & \sqrt{\sigma_{nn}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \sigma_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & \sigma_n \end{bmatrix}$$

Su diagonal principal está constituida por las desviaciones típicas de $X_1, X_2, \dots, X_n$. Es posible, a partir de $V^{1/2}$, encontrar la matriz de varianzas y covarianzas Σ ya que $\Sigma = V^{1/2} \rho V^{1/2}$. De igual manera se tiene que $\rho = (V^{1/2})^{-1} \Sigma (V^{1/2})^{-1}$, donde $(V^{1/2})^{-1}$ es la inversa de $V^{1/2}$.

4.2.2. COMPONENTES PRINCIPALES

Se conoce como Componentes Principales a la técnica multivariada de interdependencia que tiene como objetivo reducir las $X_1, X_2, \dots, X_p$ variables originalmente observadas, mediante la construcción de k variables latentes $Y_i, k < p$, que se pretende reemplacen y contengan tanta información como las p variables observadas con las cuales se puede explicar la variabilidad total del sistema, facilitando de esta manera la interpretación de los datos. Estas k variables latentes son combinaciones lineales de las variables observadas, que explicarán la estructura de la matriz de varianzas y covarianzas.

Sean p variables de nuestro interés que componen al vector aleatorio $\mathbf{X}^T = [X_1, X_2, X_3, \dots, X_p]$ posiblemente normal p -variado con vector de medias $\boldsymbol{\mu}$ y matriz de varianzas y covarianzas $\boldsymbol{\Sigma} \in \mathbf{M}_{p \times p}$. Además, sea $\langle \boldsymbol{\beta}_i, \boldsymbol{\beta}_k \rangle = 0$; $i \neq k$; $i, k = 1, 2, \dots, p$ el producto interno canónico entre vectores en R^p y $\|\boldsymbol{\beta}_i\| = 1$, tal que $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$ y $\boldsymbol{\beta}_1, \boldsymbol{\beta}_2, \dots, \boldsymbol{\beta}_p$ son los valores y vectores propios ortonormales asociados a $\boldsymbol{\Sigma}$.

Consideremos las combinaciones lineales $Y_i = \boldsymbol{\beta}_i^T \mathbf{X}$; $\boldsymbol{\beta}_i, \mathbf{X} \in R^p$; $i = 1, 2, \dots, p$

$$\begin{aligned}
Y_1 &= \beta_1^T \mathbf{X} = \beta_{11}X_1 + \beta_{12}X_2 + \dots + \beta_{1p}X_p \\
Y_2 &= \beta_2^T \mathbf{X} = \beta_{21}X_1 + \beta_{22}X_2 + \dots + \beta_{2p}X_p \\
&\vdots \\
Y_p &= \beta_p^T \mathbf{X} = \beta_{p1}X_1 + \beta_{p2}X_2 + \dots + \beta_{pp}X_p
\end{aligned}$$

donde $Y_1, Y_2, \dots, Y_p$ son las p variables no observables, es decir, la i -ésima combinación lineal $\beta_i^T \mathbf{X}$ es la i -ésima componente principal Y_i .

Si $\mathbf{Z} = \mathbf{C}\mathbf{X}$, $\mathbf{C} \in \mathbf{M}_{m \times n}$, entonces $\mu_z = E[\mathbf{Z}] = \mathbf{C}\mu_x$ y $\Sigma_z = \text{cov}(\mathbf{Z}) = \text{cov}(\mathbf{C}\mathbf{X}) = \mathbf{C}\Sigma_x\mathbf{C}^T$; siendo μ_x el vector de medias y Σ la matriz de varianzas y covarianzas de $\mathbf{X}$, por lo tanto tenemos que:

$$E[Y_i] = \beta_i^T E[\mathbf{X}] = \beta_i^T \mu \quad ; i = 1, 2, \dots, p$$

$$\text{var}(Y_i) = \beta_i^T \Sigma \beta_i \quad ; i = 1, 2, \dots, p$$

$$\text{cov}(Y_i, Y_k) = \beta_i^T \Sigma \beta_k \quad ; i \neq k : i, k = 1, 2, \dots, p.$$

Las componentes principales Y_i son aquellas combinaciones lineales no correlacionadas entre sí y cuyas varianzas son tan grandes como sea posible, cumpliéndose así que $\text{var}(Y_1) \geq \text{var}(Y_2) \geq \dots \geq \text{var}(Y_p)$, es decir, la i -ésima componente principal es la combinación lineal $\beta_i^T \mathbf{X}$ que maximiza $\text{var}(Y_i)$ sujeta a $\|\beta_i\| = 1$ y $\text{cov}(\beta_i^T \mathbf{X}, \beta_k^T \mathbf{X}) = 0$; $k < i$.

$$\begin{aligned}
Y_1 &= \beta_1^T X \quad \max \text{var}(Y_1) \quad \text{sujeto a} \quad \|\beta_1\| = 1 \\
Y_2 &= \beta_2^T X \quad \max \text{var}(Y_2) \quad \text{sujeto a} \quad \|\beta_2\| = 1 \quad \text{y} \quad \text{cov}(\beta_1^T X, \beta_2^T X) = 0 \\
&\vdots \\
Y_i &= \beta_i^T X \quad \max \text{var}(Y_i) \quad \text{sujeto a} \quad \|\beta_i\| = 1 \quad \text{y} \quad \text{cov}(\beta_i^T X, \beta_k^T X) = 0; \quad k < i
\end{aligned}$$

Dado un vector $X^T = [X_1, X_2, X_3, \dots, X_p]$ con matriz de varianzas y covarianzas Σ y sus respectivos valores y vectores característicos λ_i y β_i tal que $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$. Además, sean $Y_i = \beta_i^T X$; $i=1, 2, \dots, p$ las componentes principales, entonces podemos probar que la *varianza total* es igual a:

$$\begin{aligned}
\sigma_{11} + \sigma_{22} + \sigma_{33} + \dots + \sigma_{pp} &= \sum_{i=1}^p \text{var}(X_i) \\
&= \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_p \\
&= \sum_{i=1}^p \text{var}(Y_i) = \text{var}(Y_1) + \text{var}(Y_2) + \dots + \text{var}(Y_p)
\end{aligned}$$

La proporción de la varianza total de la población explicada por la k -ésima componente principal, que representa la cantidad de información que explica la respectiva componente principal Y_k , está dada por:

$$\frac{\lambda_k}{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_p}, \quad \text{donde } k = 1, 2, \dots, p.$$

Una vez conocida la aportación de cada componente principal a la varianza total, se seleccionará solo aquellas componentes principales que representen

ellas mismas o en conjunto con otras, el mayor porcentaje de explicación del sistema total.

Sean $(\lambda_1, \beta_1), (\lambda_2, \beta_2), \dots, (\lambda_p, \beta_p)$ los pares de valores propios y vectores propios asociados a Σ y $Y_1 = \beta_1^T X, Y_2 = \beta_2^T X, \dots, Y_p = \beta_p^T X$ las componentes principales obtenidas de la matriz Σ , se define como ρ_{Y_i, X_k} al coeficiente de correlación entre la componente principal Y_i y la variable original X_k tal que:

$$\rho_{Y_i, X_k} = \frac{\beta_{ik} \sqrt{\lambda_i}}{\sigma_{kk}} \quad \text{para } i, k = 1, 2, \dots, p$$

ESTANDARIZACIÓN

Si las variables originalmente observadas $X_1, X_2, X_3, \dots, X_p$ están medidas sobre escalas con rangos que pueden ser ampliamente diferentes, éstas deben ser estandarizadas, de tal manera que se trabaje sobre una misma escala, reduciendo así la varianza de las componentes. Por lo que las componentes principales también pueden ser obtenidas a través de las variables estandarizadas, esto es:

$$Z_1 = \frac{X_1 - \mu_1}{\sigma_1}$$

$$Z_2 = \frac{X_2 - \mu_2}{\sigma_2}$$

$$\vdots$$

$$Z_p = \frac{X_p - \mu_p}{\sigma_p}$$

donde $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_p$ son las respectivas medias de $X_1, X_2, \dots, X_p$.

En términos matriciales se lo define como: $Z = (V^{1/2})^{-1} (X - \mu)$ donde

$(V^{1/2})^{-1}$ es la inversa de la matriz de desviaciones típicas $V^{1/2}$, siendo $E[Z]$

$$Z = 0 \text{ y } \text{Cov}(Z) = (V^{1/2})^{-1} \Sigma (V^{1/2})^{-1} = \rho.$$

Las componentes principales de Z pueden ser obtenidas a partir de los vectores propios β_i asociados a la matriz de correlación ρ de X . La i -ésima componente principal de las variables estandarizadas está dada por:

$$Y_i = \beta_i^T Z$$

$$= \beta_i^T (V^{1/2})^{-1} (X - \mu)$$

$$= \beta_{i1} Z_1 + \beta_{i2} Z_2 + \dots + \beta_{ip} Z_p ; \quad \beta_i, Z \in R^p ; i = 1, 2, \dots, p$$

Además:

$$\sum_{i=1}^p \text{var}(Y_i) = \sum_{i=1}^p \text{var}(Z_i) = p \quad \text{y} \quad \rho_{Y_i Z_k} = \beta_{ik} \sqrt{\lambda_i} \quad \text{para } i, k = 1, 2, \dots, p$$

En este caso, los pares $(\lambda_1, \beta_1), (\lambda_2, \beta_2), \dots, (\lambda_p, \beta_p)$ son los valores y vectores propios asociados a ρ de X .

La varianza total de la población es igual a p , por lo que la proporción de la varianza total explicada por la k -ésima componente principal Y_k , está dada por: $\frac{\lambda_k}{p}$, donde $k = 1, 2, \dots, p$.

ROTACIÓN DE FACTORES (VARIMAX)

Se conoce como rotación de factores a la rotación ortogonal de los ejes coordenados que provoca que las cargas de los factores originales muestren resultados que facilitan su interpretación, determinando así, los elementos constitutivos de los factores.

Varimax, es un método de rotación ortogonal que minimiza el número de variables que tienen una alta carga en cada factor y simplifica la interpretación de cada uno de ellos.

4.3. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN

A través del análisis de correlación, mediremos la fuerza de linealidad entre las variables X_i y X_j por medio del coeficiente de correlación. Recordemos que estimaciones de ρ cercanas a ± 1 , implican una alta correlación o asociación lineal entre X_i y X_j ; mientras que valores cercanos a cero indican poca o ninguna correlación.

Considerando lo anteriormente expuesto, haremos el análisis de correlación con el objetivo de conocer la relación de linealidad entre las variables: producción, superficie sembrada, superficie cosechada, rendimiento y PIB agrícola, medidas todas en un período anual; y, entre las variables de tipo mensual: oferta exportable, importaciones, índice de precios al consumidor, tipo de cambio y precio internacional.

DATOS ANUALES

Partiendo de la matriz de datos, ver Tabla A.1, calcularemos la matriz de correlación ρ_I , de dimensión 5x5.

Si observamos la Tabla 4.1 correspondiente a la matriz de correlación ρ_I , notamos que los valores no significativos 0.256, 0.303, 0.756 y -0.171 pertenecen a la variable rendimiento en asociación con las variables superficie cosechada, superficie sembrada, producción y PIB, respectivamente.

Podemos observar que el coeficiente $\rho_{12} = 0.828$ y $\rho_{13} = 0.819$ indican que existe una fuerte relación de linealidad entre las variables producción con superficie sembrada y con superficie cosechada; así mismo, el coeficiente $\rho_{35} = -0.848$ por ser cercano a -1, muestra que existe una alta asociación lineal entre las variables superficie cosechada con PIB agrícola.

Cabe resaltar que la mejor relación de linealidad es la que existe entre las variables superficie sembrada y superficie cosechada, ya que su coeficiente de correlación es muy cercano a uno $\rho_{23} = 0.972$.

Tabla 4.1
MATRIZ DE CORRELACIÓN (ρ_I)
DATOS ANUALES

	Produc.	Sup. sem.	Sup. cos.	Rend.	PIB
Produc.	1	0.828	0.819	0.756	-0.647
Sup. sem.	0.828	1	0.972	0.303	-0.782
Sup. cos.	0.819	0.972	1	0.256	0.848
Rend.	0.756	0.303	0.256	1	-0.171
PIB	-0.647	-0.782	-0.848	-0.171	1

DATOS MENSUALES

En la Tabla 4.2 correspondiente a la matriz de correlación ρ_2 , podemos observar que entre las cinco variables analizadas, no existe par alguno que posca una fuerte relación lineal positiva o negativa. El valor más notable es el coeficiente de correlación ρ_{34} igual a 0.450 correspondiente a la variable precio internacional con tipo de cambio.

Tabla 4.2
MATRIZ DE CORRELACIÓN (ρ_2)
DATOS MENSUALES

	Exp.	Imp.	Prec. int	T/C	Índice
Exp.	1	0.212	0.247	-0.227	-0.229
Imp.	0.212	1	0.295	-0.031	-0.122
Prec. int	0.247	0.295	1	0.450	-0.366
T/C	-0.227	-0.031	0.450	1	-0.260
Índice	-0.229	-0.122	-0.366	-0.260	1

Debemos tomar en cuenta que el coeficiente de correlación entre dos variables es una medida de su relación lineal, y que un valor de ρ cercano o igual a cero implica una falta de linealidad y no de asociación, es decir, puede existir otro tipo de dependencia.

4.4. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

Efectuaremos dos análisis de componentes principales: uno a las variables definidas durante el período anual 1965 – 1998 (34 datos); y otro, a las variables definidas durante el período de Enero de 1990 a Diciembre de 1998 (108 datos), todas anteriormente descritas en el capítulo II. En cada análisis de componentes principales estudiaremos a las variables utilizando los datos originalmente observados, estandarizados y rotados.

4.4.1. VARIABLES ANUALES

Inicialmente definamos la matriz de datos a emplear. Ésta es una matriz de dimensión $(n \times p)$, la misma que está constituida por n unidades de investigación y p columnas que representan a las variables: producción, superficie sembrada, superficie cosecha, rendimiento y PIB agrícola, todas definidas durante el mismo período anual, es decir, trabajaremos con una matriz de datos cuya dimensión es 34x5. Ver Tabla A.1.

DATOS ORIGINALMENTE OBSERVADOS

Una vez definida la matriz de datos, obtendremos a través de ella, su matriz de varianzas y covarianzas Σ , y calcularemos sus valores y vectores característicos asociados.

	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5
$\lambda_1 = 1.91 \times 10^{10}$	0.228	0.973	-0.035	0.003	0
$\lambda_2 = 0.04 \times 10^{10}$	0.782	-0.161	0.602	0	0
$\lambda_3 = 0.02 \times 10^{10}$	0.580	0.165	-0.797	-0.001	0
$\lambda_4 = 108$	0	0.003	0.001	-1	0.018
$\lambda_5 = 0.2$	0	0	0	0.018	1
<i>Valores propios</i>	<i>Vectores propios</i>				

El valor propio λ_2 representa aproximadamente el 4% de λ_1 , con lo que podemos notar que λ_1 es sumamente alto. Como $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_5 \geq 0$, λ_1 será mucho más alto con relación a los demás, constituyendo el 97% de la varianza total. Con esto confirmamos la determinación de la primera componente principal. Los vectores propios $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_5$ poseen la característica de ser ortonormales, esto es, $\langle \beta_i, \beta_k \rangle = 0; i \neq k; i, k = 1, 2, \dots, p$ y $\|\beta_i\| = 1$.

A continuación mostraremos todas las componentes principales Y_i , que resultan de las combinaciones lineales entre los vectores propios β_i^T y el vector aleatorio $X: Y_i = \beta_i^T X; \beta_i, X \in R^5; i=1, 2, \dots, 5$.

$$Y_1 = 0.228 X_1 + 0.782 X_2 + 0.580 X_3$$

$$Y_2 = 0.973 X_1 - 0.161 X_2 - 0.165 X_3 + 0.003 X_4$$

$$Y_3 = -0.035 X_1 + 0.602 X_2 - 0.797 X_3 + 0.001 X_4$$

$$Y_4 = 0.003 X_1 - 0.001 X_3 - X_4 + 0.018 X_5$$

$$Y_5 = 0.018 X_4 + X_5$$

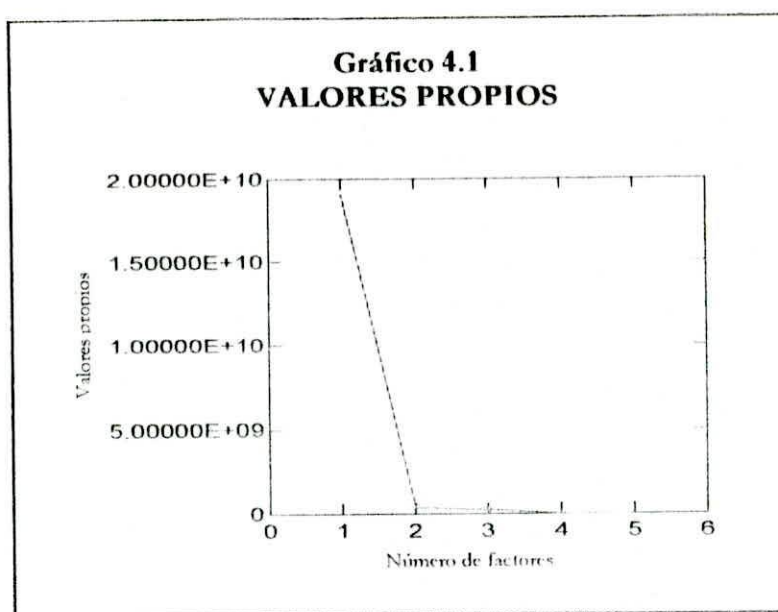
donde: X_1 = Producción, X_2 = Superficie sembrada, X_3 = Superficie cosechada, X_4 = Rendimiento, X_5 = PIB.

En la primera componente principal Y_1 , los coeficientes correspondientes a las variables rendimiento (X_4) y PIB (X_5) son iguales a cero, por esta razón no aparecen en la primera componente. En general, los coeficientes correspondientes a estas dos variables son cercanos a cero.

Los valores característicos son las varianzas de cada componente principal $\lambda_i = \text{var}(Y_i)$ $i = 1, 2, \dots, 5$, por lo que la proporción de la varianza total de la población explicada por la i -ésima componente principal Y_i es:

$$\frac{\lambda_i}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5} \quad , \quad \begin{array}{l} \text{para } Y_1 = 96.75 \% \\ \text{para } Y_2 = 2.06 \% \\ \text{para } Y_3 = 1.17 \% \\ \text{para } Y_4 = 0.01 \% \\ \text{para } Y_5 = 0.00 \% \end{array}$$

La proporción de la varianza total explicada por la primera componente principal Y_1 es casi el 100%, lo que significa que solo esta componente explica casi la totalidad de la varianza. Para la elección del número apropiado de componentes principales nos ayudaremos también mediante el análisis gráfico de los valores propios de cada factor.



Si observamos el Gráfico 4.1, notamos que se forma un codo en $i=2$ y que a partir de λ_2 el resto de valores propios son relativamente pequeños. Consecuentemente, escogeremos a la componente principal Y_1 que sustituirá a las cinco variables observadas. Sobre este factor, las variables superficie sembrada y superficie cosechada son las que poseen un mayor coeficiente, determinando de esta manera a Y_1 .

Se obtuvieron resultados preliminares al aplicar la técnica de componentes principales a los datos originalmente observados. A continuación, realizaremos el mismo análisis pero utilizando los datos estandarizados.

DATOS ESTANDARIZADOS

Aplicando la misma metodología, calcularemos los valores y vectores característicos asociados a la matriz de correlación ρ de X .

	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5
$\lambda_1 = 3.664$	$\begin{bmatrix} 0.491 & 0.317 & 0.121 & 0.441 & -0.670 \\ 0.494 & -0.195 & 0.465 & -0.700 & -0.107 \\ 0.497 & -0.256 & 0.251 & 0.496 & 0.614 \\ 0.272 & 0.820 & -0.207 & 0.231 & 0.396 \\ -0.440 & 0.351 & 0.814 & 0.122 & 0.072 \end{bmatrix}$				
$\lambda_2 = 1.067$					
$\lambda_3 = 0.238$					
$\lambda_4 = 0.026$					
$\lambda_5 = 0.004$					
<i>Valores propios</i>	<i>Vectores propios</i>				

Podemos notar que los valores propios obtenidos de la matriz de datos estandarizada son menores con relación a los obtenidos a partir de la matriz de datos originalmente observada; puesto que al estandarizarla, la varianza disminuye notablemente.

El valor propio λ_1 representa las tres cuartas partes de la suma total de los valores propios; mientras que λ_2 , λ_3 , λ_4 , λ_5 representan en conjunto un cuarto de esta suma. Analizando los vectores característicos, notamos que el coeficiente 0.272 correspondiente a la variable rendimiento en β_1 , es bajo con relación a los demás.

La proporción de la varianza total de la población explicada por la i -ésima componente principal Y_i es para:

$$Y_1 = 73.273\%$$

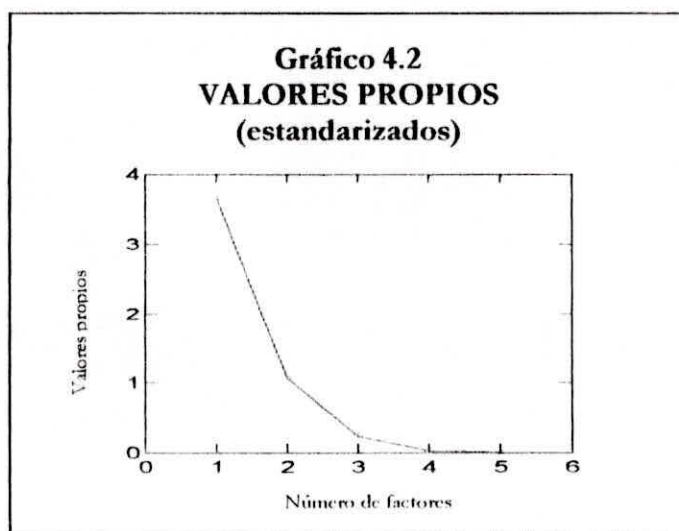
$$Y_2 = 21.347\%$$

$$Y_3 = 4.767\%$$

$$Y_4 = 0.530\%$$

$$Y_5 = 0.084\%$$

La proporción de la varianza total explicada por la primera componente principal Y_1 es el 73.27%, mientras que el 21.34% es explicado por la segunda componente Y_2 , por lo que escogeremos a estas dos componentes principales para explicar a las 5 variables originalmente observadas, pues Y_1 y Y_2 conjuntamente explican casi la totalidad de la varianza. También tomaremos en cuenta para escoger el número apropiado de componentes principales, a la magnitud de los valores propios.



En el Gráfico 4.2 observamos que se forma un codo en el punto $i=3$, esto es, los valores propios después de λ_2 son relativamente pequeños y aproximadamente del mismo tamaño, por lo que de acuerdo al análisis gráfico, se escogerán a los factores Y_1 y Y_2 puesto que poseen mayor varianza:

$$Y_1 = 0.491 X_1 + 0.494 X_2 + 0.497 X_3 + 0.272 X_4 - 0.440 X_5$$

$$Y_2 = 0.317 X_1 - 0.195 X_2 - 0.256 X_3 + 0.820 X_4 + 0.351 X_5$$

Los coeficientes correspondientes a las variables: producción, superficie sembrada, superficie cosechada y PIB; por ser los más altos, determinan al factor Y_1 ; mientras que la variable rendimiento es la que determina al factor Y_2 .

También se puede hacer un análisis de componentes principales aplicando una rotación ortogonal, tanto a los datos observados como a los estandarizados.

DATOS ROTADOS

Así como se realizó el análisis de componentes principales a los datos originalmente observados y estandarizados, también haremos un análisis a estos mismos datos a través de la rotación ortogonal de los ejes coordenados o factores, **VARIMAX**.

Aplicando el método VARIMAX a los factores calculados a partir de los datos observados, se obtuvo que la proporción de la varianza total explicada por las componentes rotadas es: $Y_1 = 87.29\%$, $Y_2 = 7.71\%$, $Y_3 = 4.49\%$, $Y_4 = 0.487\%$. Con lo que podemos ver que Y_1 posee el mayor porcentaje de explicación, tal como ocurrió con el análisis de los datos observados.

Al hacer este mismo análisis a los datos estandarizados, se obtuvo que la proporción de la varianza total explicada por las componentes rotadas fue para $Y_1 = 62.21\%$ y para $Y_2 = 32.40\%$, explicando entre las dos el 94% de la variabilidad total de la población.

En conclusión, escogeremos las componentes principales obtenidas mediante el A.C.P de los datos estandarizados, ya que al centrar los datos, las diferencias entre escalas no influyen en el porcentaje de la varianza total explicada por cada componente. Al hacer la rotación ortogonal a dichas componentes, se observó que las variables superficie sembrada, superficie cosechada y PIB son las que determinan a la primera componente; mientras que la variable rendimiento determina a la segunda componente principal.

Superficie Cafetera:

$$Y_1 = 0.491 X_1 + 0.494 X_2 + 0.497 X_3 + 0.272 X_4 - 0.440 X_5$$

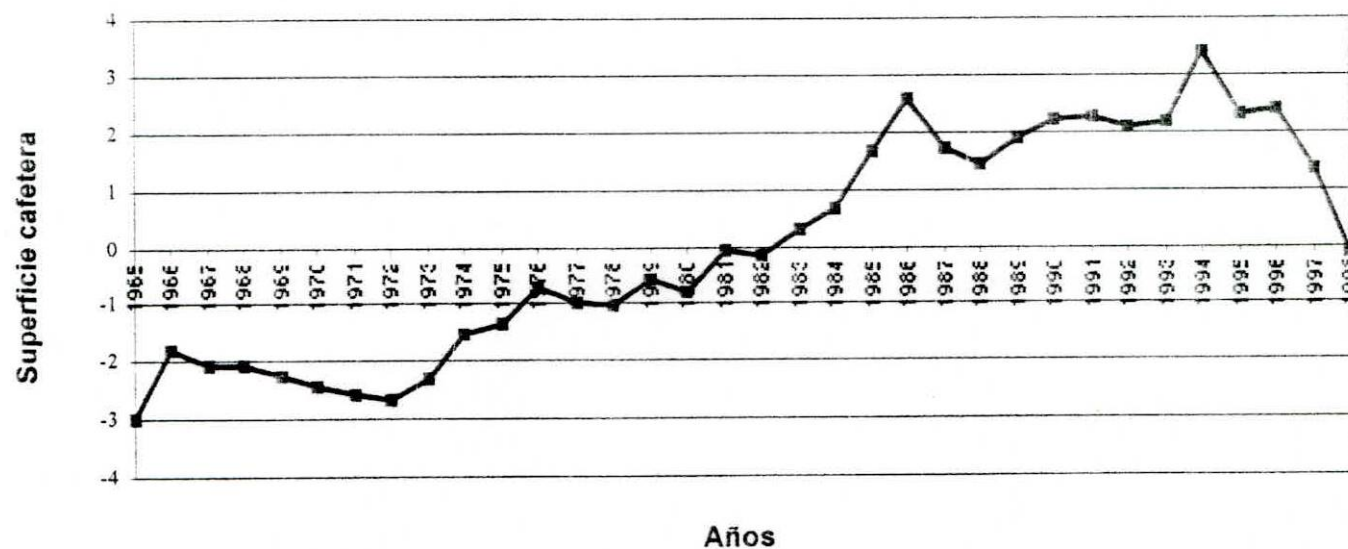
Rendimiento: $Y_2 = 0.317 X_1 - 0.195 X_2 - 0.256 X_3 + 0.820 X_4 + 0.351 X_5$

Los datos generados a partir de las componentes principales Sup. Cafetera (Y_1) y Rendimiento (Y_2) se los presenta en la Tabla 4.3, Gráfico 4.3. y 4.4.

Tabla 4.3
COMPONENTES PRINCIPALES
DATOS ESTANDARIZADOS
ANUAL - (1965 – 1998)

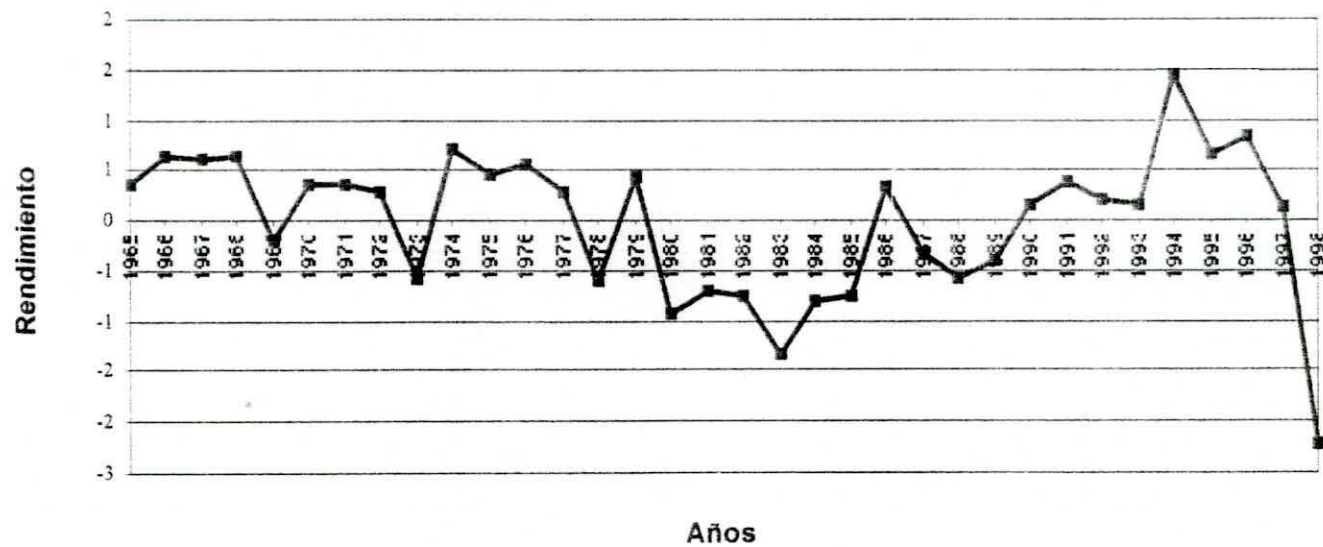
Años	(Y_1)	(Y_2)
1965	-3.00	0.36
1966	-1.80	0.62
1967	-2.06	0.61
1968	-2.06	0.62
1969	-2.25	-0.19
1970	-2.45	0.35
1971	-2.58	0.36
1972	-2.67	0.28
1973	-2.30	-0.58
1974	-1.55	0.71
1975	-1.33	0.45
1976	-0.71	0.57
1977	-0.96	0.28
1978	-1.02	-0.60
1979	-0.56	0.43
1980	-0.82	-0.93
1981	-0.08	-0.70
1982	-0.17	-0.75
1983	0.28	-1.33
1984	0.66	-0.79
1985	1.68	-0.75
1986	2.60	0.32
1987	1.72	-0.33
1988	1.45	-0.59
1989	1.91	-0.39
1990	2.23	0.16
1991	2.25	0.39
1992	2.09	0.20
1993	2.16	0.16
1994	3.10	1.16
1995	2.30	0.65
1996	2.40	0.81
1997	1.33	0.13
1998	-0.10	-2.22

Gráfico 4.3
ECUADOR: SUPERFICIE CAFETERA
(1965-1998)



$$Y_1 = 0.491 X_1 + 0.494 X_2 + 0.497 X_3 + 0.272 X_4 - 0.440 X_5$$

Gráfico 4.4
ECUADOR: RENDIMIENTO
(1965-1998)



$$Y_2 = 0.317 X_1 - 0.195 X_2 - 0.256 X_3 + 0.820 X_4 + 0.351 X_5$$

4.4.2. VARIABLES MENSUALES

El análisis de componentes principales se lo hará a partir de una matriz de datos cuya dimensión es 108x5, constituida por 108 unidades de investigación y 5 variables: oferta exportable, importación, índice de precios al consumidor, tipo de cambio y precio internacional, todas definidas mensualmente durante el período 1990-1998. Ver Tabla A.2.

De la misma manera como se trabajó con las variables de tipo anual, a continuación presentaremos los tres análisis de componentes principales a partir de los datos originalmente observados, estandarizados y rotados.

DATOS ORIGINALMENTE OBSERVADOS

Una vez definida la matriz de datos obtendremos su matriz de varianzas y covarianzas Σ para calcular sus valores y vectores característicos asociados.

	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5
$\lambda_1 = 5.59341 \times 10^9$	1.000	0.009	0.005	0.000	0.000
$\lambda_2 = 9833015.69$	0.009	1.000	-0.010	0.003	0.000
$\lambda_3 = 2049356.32$	0.000	0.003	0.014	-1.000	0.011
$\lambda_4 = 880.37$	-0.004	0.010	1.000	0.014	0.000
$\lambda_5 = 2.62$	0.000	0.000	0.000	0.011	1.000
<i>Valores propios</i>	<i>Vectores propios</i>				

El valor propio λ_2 representa aproximadamente el 0.17% de λ_1 , con lo que podemos notar que λ_1 es sumamente alto, constituyendo el 99% de la varianza total. Los vectores propios $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ poseen la característica de ser ortonormales, esto es, $\langle \beta_i, \beta_k \rangle = 0; i \neq k : i, k = 1, 2, \dots, p$ y $\|\beta_i\| = 1$. Podemos notar que algunos elementos de los vectores propios son iguales a cero y otros muy cercanos a cero; esto implica, que las variables correspondientes a cada uno de estos coeficientes no aparecerán en las componentes principales.

Las componentes principales Y_i , obtenidas a partir de las combinaciones lineales entre los vectores propios transpuestos y el vector de variables son:

$$Y_1 = X_1 + 0.009 X_2 - 0.004 X_4$$

$$Y_2 = -0.009 X_1 + X_2 + 0.003 X_3 + 0.010 X_4$$

$$Y_3 = 0.005 X_1 - 0.010 X_2 + 0.014 X_3 + X_4$$

$$Y_4 = 0.003 X_2 - X_3 + 0.014 X_4 + 0.011 X_5$$

$$Y_5 = 0.011 X_3 + X_5$$

donde: X_1 = Oferta exportable, X_2 = Importaciones, X_3 = Precio internacional, X_4 = Tipo de cambio, X_5 = Índice de precios al consumidor.

La proporción de la varianza total de la población explicada por la i -ésima componente principal Y_i es para:

$$Y_1 = 99.78 \%$$

$$Y_2 = 0.170 \%$$

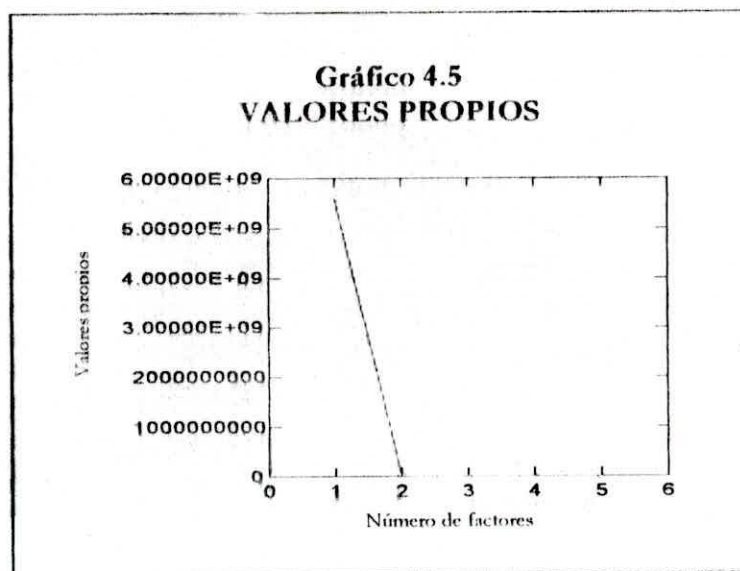
$$Y_3 = 0.037 \%$$

$$Y_4 = 0.00 \%$$

$$Y_5 = 0.00 \%$$

La proporción de la varianza total explicada por la primera componente principal Y_1 es aproximadamente el 100%, lo que significa que solo esta componente explica casi la totalidad de la varianza, ya que como era de esperarse, los porcentajes de explicación de las componentes Y_2 , Y_3 , Y_4 y Y_5 son bajos debido a que sus respectivos valores propios también lo son.

En el Gráfico 4.5 de los valores propios, observamos que se forma un codo en $i=2$, pues el valor propio del primer factor es alto y los otros son relativamente pequeños. Por esta razón, escogeremos únicamente a la primera componente Y_1 .



Por ser el coeficiente de la variable oferta exportable el más alto, determina a la componente Y_1 ; mientras que los coeficientes correspondientes a las variables importaciones y tipo de cambio son pequeños.

A continuación, realizaremos el mismo análisis pero ahora empleando los datos estandarizados.

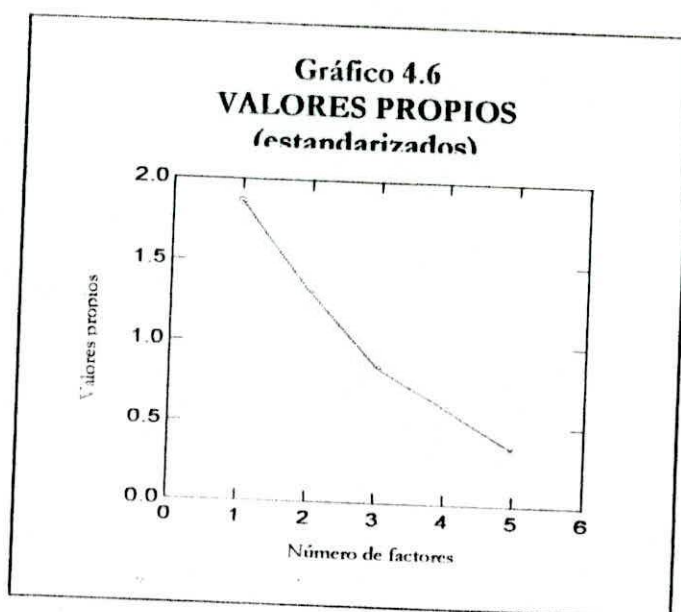
DATOS ESTANDARIZADOS

Aplicando la misma metodología, calculamos los valores y vectores característicos asociados a la matriz de correlación ρ de X .

	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5
$\lambda_1 = 1.867$	$\begin{bmatrix} 0.335 & -0.613 & -0.331 & 0.486 & 0.408 \\ 0.364 & -0.335 & 0.792 & -0.300 & 0.188 \\ 0.616 & 0.168 & 0.102 & 0.402 & -0.648 \\ 0.340 & 0.695 & 0.047 & 0.162 & 0.611 \\ -0.511 & 0.025 & 0.501 & 0.697 & 0.033 \end{bmatrix}$				
$\lambda_2 = 1.316$					
$\lambda_3 = 0.857$					
$\lambda_4 = 0.610$					
$\lambda_5 = 0.350$					
<i>Valores propios</i>	<i>Vectores propios</i>				

Podemos notar que los valores propios obtenidos de la matriz de datos estandarizada son menores con relación a la de los datos observados inicialmente; puesto que al estandarizarla, la varianza disminuye notablemente.

La varianza de la primera componente es 1.867, por lo que su participación en la varianza total es el 37.34 %, la varianza de la segunda componente es 1.316, explicando el 26.32 %, la tercera componente Y_3 con un valor propio de $\lambda_3 = 0.857$ indica que aporta con el 17.14 % a la varianza total.



En el análisis de los factores (Gráfico 4.6) observamos que los valores propios de los dos primeros factores son los que se separan de los otros, pues son éstos dos los que poseen las más altas varianzas, alcanzando el 64% de la variación total. Debido a que este porcentaje no es muy alto, también escogeremos a la tercera componente principal Y_3 con el objeto de alcanzar la mayor variabilidad del sistema, logrando así aproximadamente el 84% de la variación total. Las componentes principales escogidas son:

$$Y_1 = 0.335 X_1 + 0.364 X_2 + 0.616 X_3 + 0.340 X_4 - 0.511 X_5$$

$$Y_2 = -0.613 X_1 - 0.335 X_2 + 0.168 X_3 + 0.695 X_4 + 0.025 X_5$$

$$Y_3 = -0.331 X_1 + 0.792 X_2 + 0.102 X_3 + 0.047 X_4 + 0.501 X_5$$

En la componente Y_1 , el coeficiente 0.616 de la variable precio internacional, es el más alto; seguida en magnitud por el coeficiente -0.511 correspondiente a la variable índice de precios al consumidor. Los coeficientes de las demás variables son relativamente bajos. En la segunda componente Y_2 las variables oferta exportable y tipo de cambio con sus coeficientes -0.613 y 0.695 respectivamente, son los más altos de este factor; mientras que en la tercera componente el coeficiente de la variable importaciones, es el mayor.

También haremos un análisis de componentes principales aplicando una rotación ortogonal tanto a los datos observados como a los estandarizados.

DATOS ROTADOS

Aplicando el método VARIMAX a los factores calculados a partir de los datos observados, se obtuvo que la proporción de la varianza total explicada por las componentes rotadas es: $Y_1 = 93.88\%$, $Y_2 = 1.11\%$, $Y_3 = 1.80\%$, $Y_4 = 1.40\%$, $Y_5 = 1.78\%$. Con lo que podemos ver que Y_1 posee el más alto porcentaje de explicación, tal como ocurrió con el análisis de los datos observados, aunque es menor al obtenido con el análisis de factores sin rotar.

Al hacer este mismo análisis a los datos estandarizados, se obtuvo que la proporción de la varianza total explicada por las componentes rotadas fue:

$Y_1 = 30.64\%$, $Y_2 = 27.75\%$, $Y_3 = 22.39\%$, explicando entre las tres el 80.8% de la variabilidad total de la población.

En conclusión, escogeremos las componentes principales obtenidas mediante el A.C.P de los datos estandarizados, ya que al centrar los datos, las diferencias entre escalas no influyen en el porcentaje de la varianza total explicada por cada componente. Se observó que las variables precio internacional e índice de precios son las variables que determinan a la primera componente Y_1 ; las variables constitutivas de la segunda componente principal son oferta exportable y tipo de cambio; mientras que la variable importaciones determina a la tercera componente.

Precio: $Y_1 = 0.335 X_1 + 0.364 X_2 + 0.616 X_3 + 0.340 X_4 - 0.511 X_5$

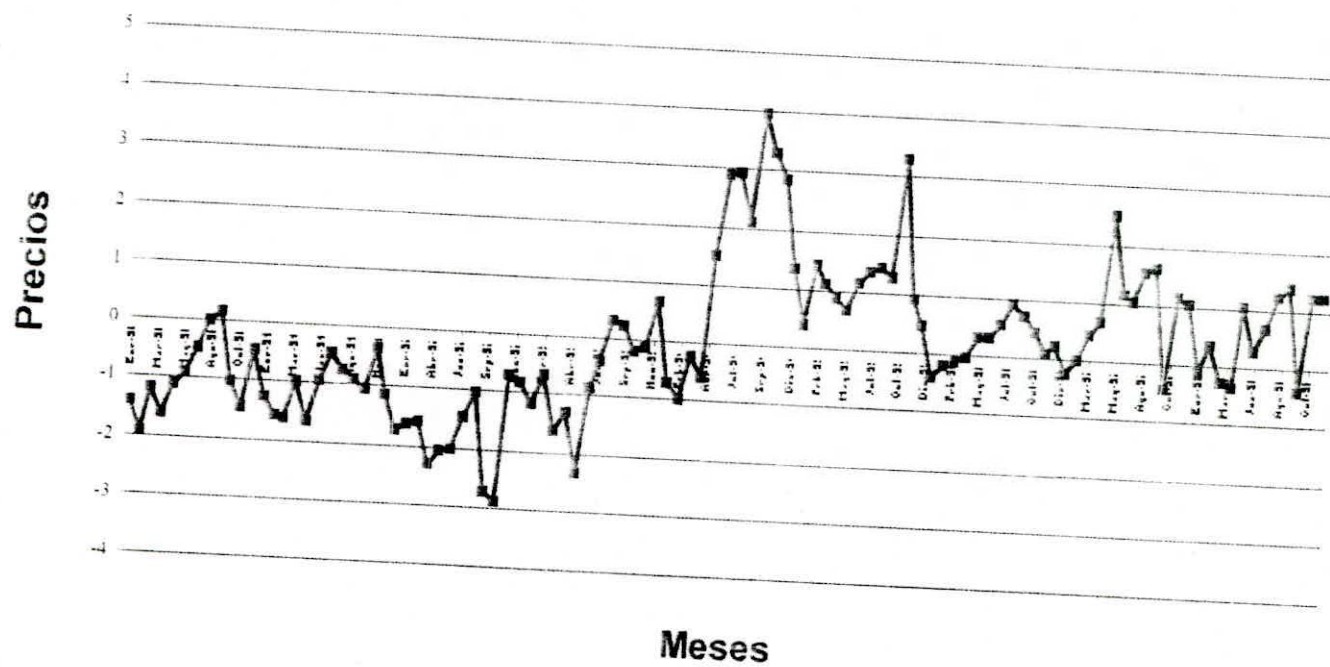
Influencia del dólar en las exportaciones de café:

$$Y_2 = -0.613 X_1 - 0.335 X_2 + 0.168 X_3 + 0.695 X_4 + 0.025 X_5$$

Importaciones: $Y_3 = -0.331 X_1 + 0.792 X_2 + 0.102 X_3 + 0.047 X_4 + 0.501 X_5$

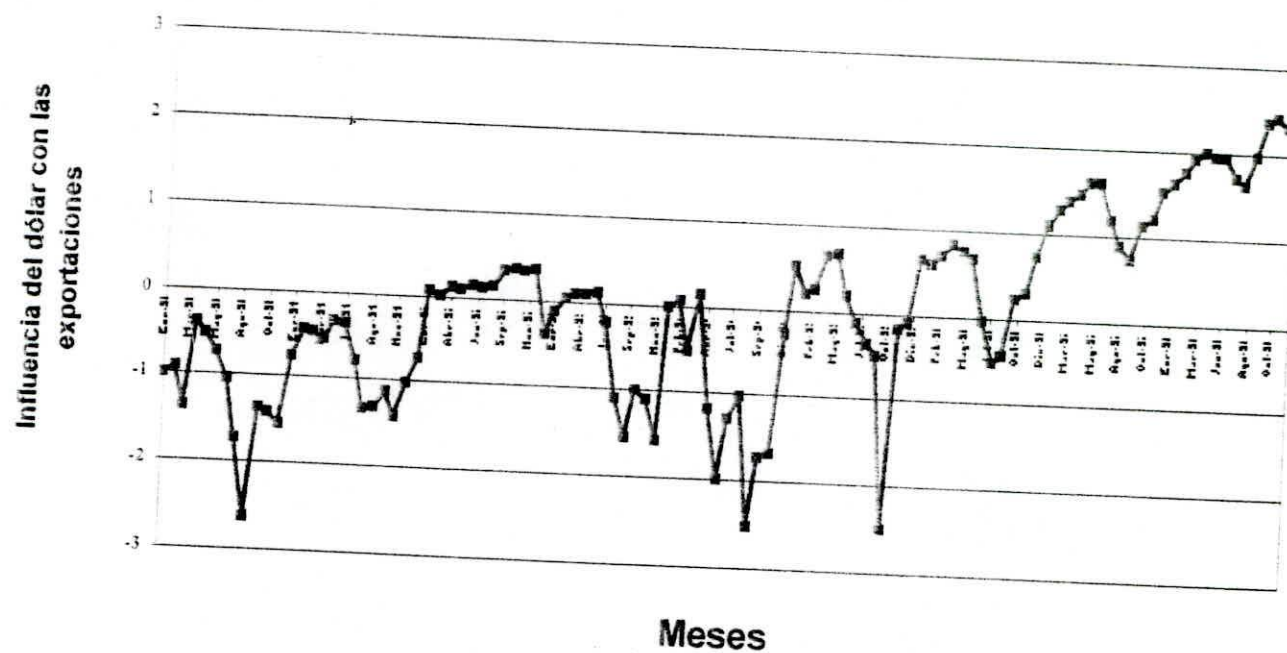
Las series de datos generadas a partir de las componentes principales: Precios, Influencia del dólar en las exportaciones e importaciones, son presentadas en la Tabla A.3, Gráfico 4.7, 4.8 y 4.9.

Gráfico 4.7
ECUADOR: PRECIOS
MENSUAL - (1990-1998)



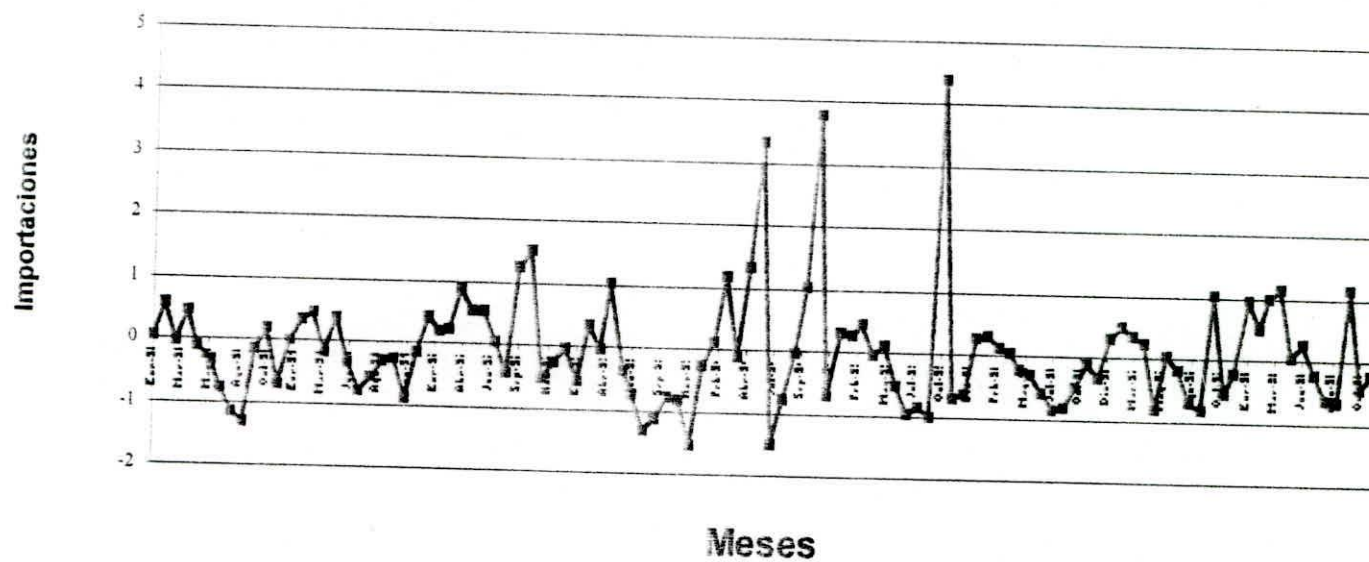
$$\hat{Y}_t = 0.335 X_1 + 0.364 X_2 + 0.616 X_3 + 0.340 X_4 - 0.511 X_5$$

Gráfico 4.8
 ECUADOR: INFLUENCIA DEL DÓLAR CON LAS EXPORTACIONES
 MENSUAL - (1990-1998)



$$Y_2 = -0.613 X_1 - 0.335 X_2 + 0.168 X_3 + 0.695 X_4 + 0.025 X_5$$

Gráfico 4.9
ECUADOR: IMPORTACIONES
MENSUAL - (1990-1998)



$$Y_t = -0.331 X_1 + 0.792 X_2 + 0.102 X_3 + 0.047 X_4 + 0.501 X_5$$

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE SERIES DE TIEMPO:

PRODUCCIÓN DEL CAFÉ EN EL ECUADOR

5. ANÁLISIS DE SERIES DE TIEMPO: PRODUCCIÓN DEL CAFÉ EN EL ECUADOR

5.1. INTRODUCCIÓN

El análisis de series temporales es una técnica probabilística que permite predecir valores dada una cierta cantidad de observaciones de una misma variable aleatoria. El objetivo principal de nuestro análisis es ajustar, mediante un modelo de series de tiempo, cada una de las variables que se investigan, para luego estimar valores de ésta en el tiempo. Las variables que vamos a analizar son: superficie sembrada, superficie cosechada, producción, rendimiento y oferta exportable; puesto que a través del análisis de componentes principales realizado en el capítulo anterior, se comprobó que éstas son las variables que aportan mayor información.

A medida que pasa el tiempo, podemos comparar las predicciones generadas por los modelos propuestos con los datos reales, para analizar el poder predictivo de dichos modelos y asegurar la confiabilidad de las demás predicciones para una toma de decisiones en situaciones futuras, ligadas al sector cafetalero. Aunque situaciones inesperadas pueden provocar que estas predicciones pierdan significado.

5.2. MARCO TEÓRICO RELATIVO A SERIES TEMPORALES

5.2.1. PROCESOS ESTOCÁSTICOS Y SERIES TEMPORALES

Se denomina *proceso estocástico* a la sucesión de variables aleatorias $\{X_t\}$ $t \in T$, tal que t es un punto en un espacio T , llamado espacio parametral, y X_t es un punto en un espacio de estados S . Este proceso describe la estructura probabilística de una sucesión de observaciones ordenadas.

Una *serie de tiempo* es un conjunto de observaciones generadas secuencialmente en el tiempo. Si el conjunto de datos es continuo, se dice que la serie de tiempo es continua; si el conjunto es discreto, entonces la serie de tiempo es discreta. En nuestro análisis temporal trabajaremos con series de tiempo discretas.

Si los valores futuros de una serie de tiempo son exactamente determinados por alguna función matemática, esta serie de tiempo es determinística; y, si son descritos únicamente en términos de una distribución de probabilidad, se dice que la serie es estadística, por lo tanto una serie de tiempo estadística es un proceso estocástico.

5.2.2. PROCESOS ESTOCÁSTICOS ESTACIONARIOS (P.E.E)

Un *proceso estocástico* $X_t, t \in T$ es *estrictamente estacionario* si la distribución conjunta de $X_1, X_2, X_3, \dots, X_k$ es igual a la distribución conjunta de $X_{1+h}, X_{2+h}, X_{3+h}, \dots, X_{k+h}$, esto es:

$$f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_k) = f(X_{1+h}, X_{2+h}, X_{3+h}, \dots, X_{k+h}); \quad h, k \in \mathbb{Z}^+$$

Es decir, si el desplazamiento en unidades iguales no altera el patrón y la distribución de la serie X_t . Este concepto nos permite tener una mejor comprensión sobre el análisis de series temporales.

Un proceso estocástico es *estacionario con respecto a la media μ* sí y sólo si: $E[X_t] = \mu_t = k, \quad k \in \mathbb{R}, \quad \forall t \in \mathbb{Z}^+$; es decir, el valor esperado del proceso es una constante.

Un proceso estocástico es *estacionario con respecto a la varianza σ^2* sí y sólo si: $Var[X_t] = E[(X_t - E[X_t])^2] = E[(X_t - \mu_t)^2] = \sigma^2, \quad \forall t \in \mathbb{Z}^+$.

Es decir, si la varianza de la serie es constante en todo el tiempo t , el proceso es estacionario con respecto a la σ^2 . Dado estos dos conceptos, se define como *proceso estocástico completamente estacionario* aquel que es simultáneamente estacionario con respecto a la media μ y a la varianza σ^2 .

$$E[X_t] = \mu_t = k, \quad k \in \mathbb{R}, \quad \text{y} \quad Var[X_t] = E[(X_t - E[X_t])^2] = E[(X_t - \mu_t)^2] = \sigma^2, \quad \forall t \in \mathbb{Z}^+.$$

Un proceso $X_1, X_2, X_3, \dots, X_t$ es **débilmente estacionario** de orden 2 (*proceso estacionario de segundo orden*) si:

- i) $E(X_t^2) = C < \infty$; $C \in \mathbb{Z}^+$, $\forall t \in T$
- ii) $E(X_t) = m$; $\forall t \in T$
- iii) $\text{Cov}(X_{t+h}, X_{s+h}) = \text{Cov}(X_t, X_s)$

La parte iii) es equivalente a decir que:

$$\text{Cov}(X_{t+h}, X_{s+h}) = g(s-t) \Rightarrow \text{Cov}(X_t, X_{t+h}) = g(h)$$

donde $g(h)$ se la define como la **función de autocovarianza**, que mide la variación conjunta de X_t y X_{t+h} ; $h \in \mathbb{Z}^+$.

Si $h=0$ entonces: $g(h) = \text{Cov}(X_t, X_t) = \sigma^2$; $\forall t \in \mathbb{Z}^+$.

El proceso estacionario de segundo orden (p.e.s.o) también es conocido como **proceso estacionario en covarianza**.

5.2.3. FUNCIÓN DE AUTOCORRELACIÓN Y AUTOCORRELACIÓN PARCIAL

Se conoce como $\rho(h)$ a la **función de autocorrelación** de un proceso estacionario de segundo orden (p.e.s.o), definido como: $\rho(h) = \frac{g(h)}{g(0)}$.

La función $\phi(h)$ que mide la correlación que existe entre X_t y X_{t+h} , después de haber sido removida la dependencia lineal de las componentes intermedias $X_{t+1}, X_{t+2}, \dots, X_{t+h-2}, X_{t+h-1}$, se llama **función de autocorrelación parcial de un (p.e.s.o)**. Se define como:

$$\phi(h) = \text{Corr}(X_t, X_{t+h} / X_{t+1}, X_{t+2}, \dots, X_{t+h-2}, X_{t+h-1})$$

Sea un conjunto de variables aleatorias idénticamente distribuidas (I.I.D), si todas ellas tienen igual media μ y varianza σ^2 . Se conoce como **ruidos blancos** μ_t a las variables aleatorias inherentes a un proceso estocástico que tienen una distribución normal con media cero y varianza σ^2 : $\mu_t \sim N(0, \sigma^2)$, y son independientes e idénticamente distribuidas.

5.2.4. MODELO LINEAL GENERAL

Los modelos que estudiaremos parten de la idea de que series estacionarias pueden ser generadas por el paso de un ruido blanco μ_t .

Un proceso estacionario $X_t, t \in \mathbb{Z}^+$ es un **proceso lineal** si puede expresarse de la siguiente forma: $X_t = \sum_{j=0}^{\infty} \psi_j \mu_{t-j}$ tal que $\sum_{j=0}^{\infty} \psi_j^2 < \infty$; donde ψ_j son valores reales distintos de cero y μ_t son los ruidos blancos.

Un proceso estacionario $X_t, t \in \mathbb{Z}^+$ es *invertible* si es posible determinar

$$\mu_t = \sum_{j=0}^{\infty} \pi_j X_{t-j} \text{ tal que } \sum_{j=0}^{\infty} \pi_j^2 < \infty; \text{ donde } \pi_j \text{ son valores reales distintos de}$$

cero y μ_t son los ruidos blancos.

5.2.4.1. PROCESOS AUTORREGRESIVOS (AR)

Un proceso estocástico estacionario de segundo orden (p.e.s.o) $X_t, t \in \mathbb{Z}^+$ es un *proceso autorregresivo de orden p* , denotado por $AR(p)$ si:

$$X_t = \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \dots + \phi_p X_{t-p} + \mu_t$$

tal que ϕ_p son valores reales distintos de cero y μ_t representa a los ruidos blancos, es decir, el proceso autorregresivo expresa la observación X_t en función de los ruidos blancos y las observaciones pasadas.

5.2.4.2. PROCESOS MEDIA MÓVIL (MA)

Un proceso estocástico estacionario de segundo orden (p.e.s.o) $X_t, t \in \mathbb{Z}^+$ es un *proceso media móvil de orden q* , denotado por $MA(q)$ si:

$$X_t = \mu_t - \theta_1 \mu_{t-1} - \theta_2 \mu_{t-2} - \theta_3 \mu_{t-3} - \dots - \theta_q \mu_{t-q}$$

donde θ_q son valores constantes reales distintos de cero y μ_t representa los ruidos blancos.

5.2.4.3. PROCESOS AUTORREGRESIVOS - MEDIA MÓVIL ARMA (p,q)

Un proceso estocástico estacionario de segundo orden X_t , $t \in \mathbb{Z}^+$ es un $ARMA(p,q)$ si:

$$X_t - \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \dots + \phi_p X_{t-p} = \mu_t - \theta_1 \mu_{t-1} - \theta_2 \mu_{t-2} - \theta_3 \mu_{t-3} - \dots - \theta_q \mu_{t-q}$$

en términos de sumatorias se lo expresa como:

$$X_t - \sum_{j=1}^p \phi_j X_{t-j} = \delta + \mu_t - \sum_{i=1}^q \theta_i \mu_{t-i}$$

donde: $\phi_p \neq 0$, $\theta_q \neq 0$ y μ_t representa los ruidos blancos.

Dados los polinomios:

$$\Phi(z) = 1 - \phi_1 z - \dots - \phi_p z^p$$

$$\Theta(z) = 1 - \theta_1 z - \dots - \theta_q z^q$$

y el operador de retroceso: $B^i X_t = X_{t-i}$; $i=1, 2, \dots$ y $B^0 = 1$

entonces un proceso $ARMA(p, q)$ puede expresarse por: $\Phi(B) X_t = \delta + \Theta(B) \mu_t$

Consideraremos a las variables aleatorias X_t centradas, es decir, $\delta=0$.

Debemos tomar en cuenta que:

- i) Si X_t es un proceso $AR(p)$ entonces, la función de autocorrelación parcial $\phi(b)=0$ cuando $b > p$.
- ii) Si X_t es un proceso $MA(q)$ entonces, la función de autocorrelación $\rho(b)=0$ cuando $b > q$.
- iii) No siempre un proceso estocástico de segundo orden es un $ARMA(p,q)$.

5.2.4.4. PROCESOS ARIMA (p,d,q)

Consideremos un proceso $X_t, t \in \mathbb{Z}^+$ que no es estacionario con respecto a la

media, pero tal que: $Y_t = X_t - X_{t-1}$

$$\begin{aligned} X_t \text{ se vuelve estacionario} &= (1-B)X_t \\ &= \nabla X_t \quad ; \quad \nabla^d = (1-B)^d \end{aligned}$$

En general, un proceso que después de diferenciarlo d veces, se transforma en un proceso $ARMA(p, q)$, se lo denomina $ARIMA(p, d, q)$ denotado como:

$$\Phi(B) \nabla^d X_t = \Theta(B) \mu_t$$

Para procesos no estacionarios, $\rho(b) \rightarrow 1$ para b grande y en ese caso se requiere diferenciación.

5.3. MODELACIÓN DE LOS DATOS

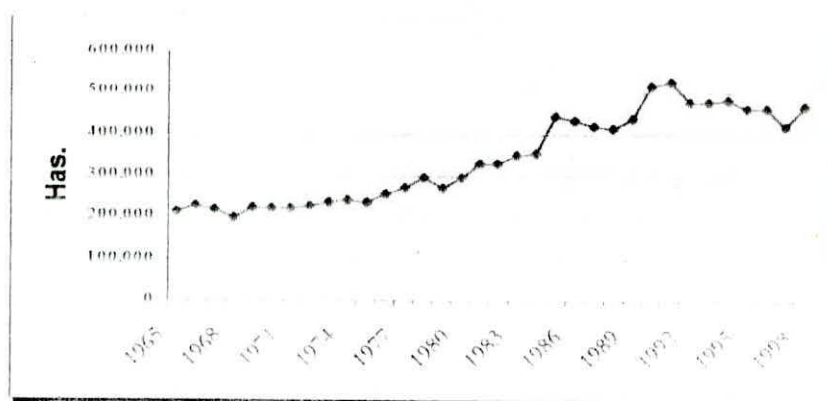
Utilizando la técnica de *Box y Jenkins* [5], identificaremos los coeficientes de los polinomios autorregresivos y media móvil de los modelos con los que vamos a ajustar las series. Este método consiste en dos fases, I fase: elección del parámetro d de diferenciación e identificación de los parámetros p y q de los polinomios IR y MI ; II fase: verificación de los parámetros de los modelos propuestos de la serie diferenciada d veces a través de las pruebas de significación de los parámetros ϕ_i y θ_i de los polinomios autorregresivo y media móvil y posteriormente la prueba relativa a la normalidad y no correlación de los ruidos blancos μ_i ; y finalmente, el criterio del mayor poder predictivo, que consiste en escoger a aquel modelo que posea menor error cuadrático $ME(T)$.

5.3.1. SUPERFICIE SEMBRADA

PERÍODO ANUAL (1965 - 1998)

El Gráfico 5.1. corresponde a la serie observada de la variable superficie sembrada definida durante el período anual 1965 hasta 1998.

Gráfico 5.1
ECUADOR: SUPERFICIE SEMBRADA
Hectáreas - (1965 - 1998)
SERIE OBSERVADA



Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, boletín anual Superficie sembrada — Superficie cosechada — Producción y Rendimiento, 1965-1998.

Observando la serie del Gráfico 5.1, notamos que esta variable es creciente pues a través de los años ha aumentado la cantidad de hectáreas sembradas de café en el Ecuador. Basándonos en este criterio, decimos que la serie no es estacionaria con respecto a la media, si esto ocurre, entonces $\rho(h) \rightarrow 1$ para un gran número de valores de h , en ese caso, se requiere diferenciación para que el proceso se vuelva estacionario. En la práctica, este requerimiento se reemplaza por el de proximidad entre sí de los primeros valores de la función de autocorrelación $\rho(h)$ aún cuando estos valores sean muy diferentes de 1. Ver Gráfico 5.2. y 5.3.

Gráfico 5.2
FUNCIÓN DE AUTOCORRELACIÓN

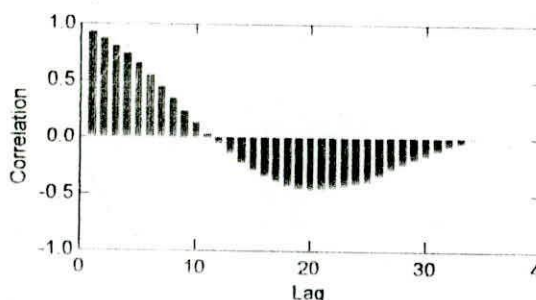
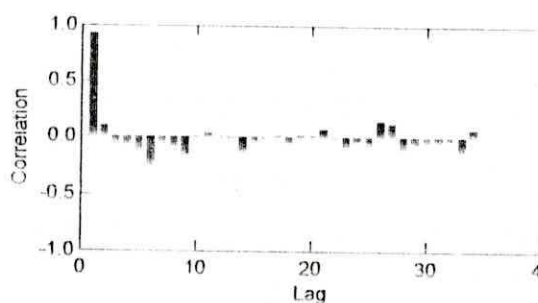
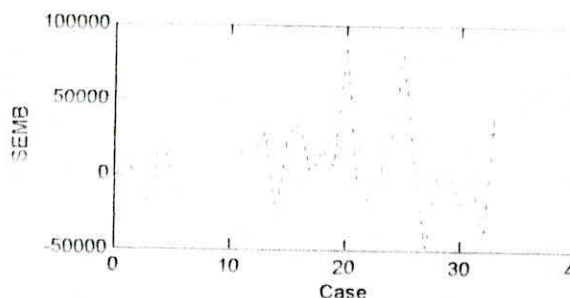


Gráfico 5.3
FUNCIÓN DE AUTOCORRELACIÓN PARCIAL



Podemos notar que las autocorrelaciones de la serie original son cercanas unas a otras, por lo que procederemos a centrar los datos (restar la media a cada una de las observaciones) y a diferenciar la serie; además, para eliminar las fluctuaciones drásticas, la suavizamos. Ver Gráfico 5.4.

Gráfico 5.4
SERIE TRANSFORMADA:
CENTRADA - DIFERENCIADA - SUAVIZADA



Para la elección de los parámetros p y q de los polinomios autorregresivo $AR(p)$ y media móvil $MA(q)$, analizamos gráficamente la forma de la función de autocorrelación estimada $\hat{\rho}(h)$ y la función de autocorrelación parcial estimada $\hat{\phi}(h)$ de la serie transformada. Ver Gráfico 5.5 y 5.6.

Gráfico 5.5
AUTOCORRELACIÓN ESTIMADA

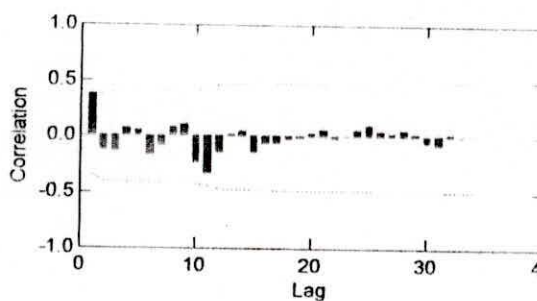
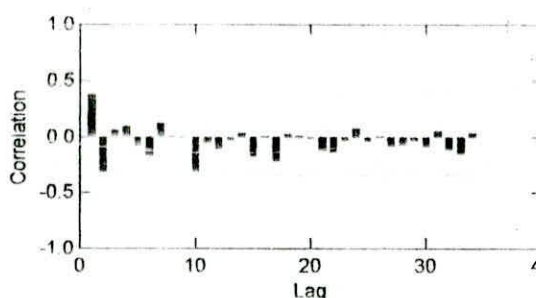


Gráfico 5.6
AUTOCORRELACIÓN PARCIAL ESTIMADA



Dada la función de autocorrelación estimada, notamos que el primer valor sale de la banda de confianza; mientras que los demás valores se mantienen dentro de ella, por lo se puede tratar de un modelo $MA(1)$. En el caso de la función de autocorrelación parcial estimada, vemos que el primer valor alto y excede el límite de confianza, por lo que puede ser un modelo $AR(1)$.

Como la serie fue diferenciada, propondremos un modelo $ARIMA(p, d, q)$ con parámetros $p=1$, $d=1$ y $q=1$. Nuestro próximo objetivo es disminuir el número de parámetros del modelo inicial.

Tenemos como interés la posible reducción del número de parámetros del modelo propuesto $ARIMA(p, d, q)$, es decir, la posibilidad de plantearnos un modelo $ARIMA(p-1, d, q)$ o un modelo $ARIMA(p, d, q-1)$, analizando el nivel de significación de los coeficientes de los polinomios AR y MA a través de

una prueba cuya hipótesis es H_0 : Los parámetros θ_k y ϕ_k del modelo $ARIMA(p, d, q)$ son iguales a cero. El respectivo contraste de hipótesis es:

$$H_0: \theta_k = 0$$

vs.

$$H_1: \theta_k \neq 0$$

El estadístico de prueba asociado es $t = \frac{\theta_k}{\sqrt{\hat{\sigma}_k^2}} \sim t_{(n-p-q)}$ (distribución t),

por lo que se la denomina *Prueba t de Student*. Si el valor p es significativamente alto, se acepta la hipótesis H_0 , lo que significa que el coeficiente no debe aparecer en el modelo.

En nuestro estudio, la prueba de los coeficientes la sustituimos analizando los intervalos con el 95% de confianza generados a partir de una distribución $t_{(n-p-q)}$. Para incluir el parámetro θ_k dentro del modelo, nos basamos en el criterio que el intervalo de confianza no debe incluir al cero, caso contrario, se lo elimina del modelo. Dado este análisis, los modelos propuestos para la variable superficie sembrada son: $ARIMA(1,1,1)$, $ARIMA(0,1,1)$ y $ARIMA(1,1,0)$. En la Tabla 5.1 se muestran los valores de los parámetros de cada uno de los modelos y los respectivos intervalos con el 95% de confianza.

Tabla 5.1
PRUEBA DE LOS PARÁMETROS

		<95% de confianza>	
■ ARIMA(1,1,1) MSE= 1.77494E+08	Parámetros	Lím. Inferior	Lím. superior
	CONSTANTE	3124.015	12204.139
	AR (ϕ_1)	-0.574	0.849
	MA(θ_1)	-1.174	-0.052
	CONSTANTE	-	-
	AR (ϕ_1)	-0.155	0.919
	MA(θ_1)	-0.916	-0.054
■ ARIMA(0,1,1) MSE= 1.72485E+08		Lím. inferior	Lím. superior
	CONSTANTE	1387.254	16385.754
	MA(θ_1)	-1.038	-0.378
MSE=2.06807E+08			
	CONSTANTE	-	-
	MA(θ_1)	-0.997	0.431
■ ARIMA(1,1,0) MSE=2.20772E+08		Lím. inferior	Lím. superior
	CONSTANTE	-	-
	AR (ϕ_1)	0.295	0.972

Analizando la Tabla 5.1, vemos que los modelos **ARIMA(0,1,1)** con constante asociada, **ARIMA(0,1,1)** y **ARIMA(1,1,0)** con constante asociada, son los que pasan la prueba de Student. Los demás modelos propuestos no pasan la prueba relativa a los parámetros lo que indica que están sobreparametrizados, es decir, se debe seguir la idea de parsimonia, la que indica que un buen modelo tiene pocos parámetros ya que ha capturado las propiedades intrínsecas de la serie que se analiza; pues un modelo con demasiados parámetros, es un modelo sin parsimonia.

De cada uno de los modelos escogidos, tenemos que verificar que los residuos μ_t cumplan con los supuestos de normalidad $\mu_t \sim N(0, \sigma^2)$ e independencia $\text{cov}(\mu_t, \mu_j) = 0; i \neq j$.

La suposición de normalidad de los ruidos blancos la verificaremos utilizando la técnica de bondad de ajuste *Kolmogorov-Smirnov*, tal como se trabajó en el análisis univariado. La independencia de los residuos la analizaremos gráficamente observando el comportamiento de sus autocorrelaciones estimadas, es decir, se pretende escoger el modelo para el cual sus residuos no sean significativos (cercanos a 1) o en otras palabras, todas las autorrelaciones deben estar dentro de los límites de confianza. El contraste de hipótesis para probar la normalidad de los ruidos blancos es:

$$H_0: \mu_t \sim N(0, \sigma^2)$$

vs.

$$H_1: \neg H_0$$

Tabla 5.2
PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS RUIDOS BLANCOS

	$\mu_t \sim N(0, \sigma^2)$	Estadístico <i>D</i>	Valor <i>p</i>
▪ ARIMA(0,1,1) <i>con constante</i>	$\mu_t \sim N(0, 1.66895 \times 10^8)$	0.091	0.948
▪ ARIMA(0,1,1)	$\mu_t \sim N(0, 1.73874 \times 10^8)$	0.213	0.101
▪ ARIMA(1,1,0) <i>con constante</i>	$\mu_t \sim N(0, 1.95913 \times 10^8)$	0.181	0.231

En la Tabla 5.2, basándonos en el valor p , *no se rechaza* la hipótesis nula en los tres modelos, por lo que podemos decir que existe evidencia estadística para decir que los ruidos blancos siguen una distribución normal $\mu_t \sim N(0, \sigma^2)$. Además, se comprobó gráficamente que los residuos son independientes, ya que los valores de sus autocorrelaciones se mantienen dentro de los límites de confianza.

Dado que los tres modelos pasaron la fase de verificación, escogeremos a aquel modelo que tenga el mayor poder de predicción, es decir, el que posea menor error cuadrático medio (*MSE*).

Tabla 5.3
CRITERIO DEL MAYOR PODER PREDICTIVO

	<i>MSE</i>
▪ <i>ARIMA(0,1,1)</i> <i>con constante</i>	1.72485×10^8
▪ <i>ARIMA(0,1,1)</i>	2.06807×10^8
▪ <i>ARIMA(1,1,0)</i> <i>con constante</i>	2.20772×10^8

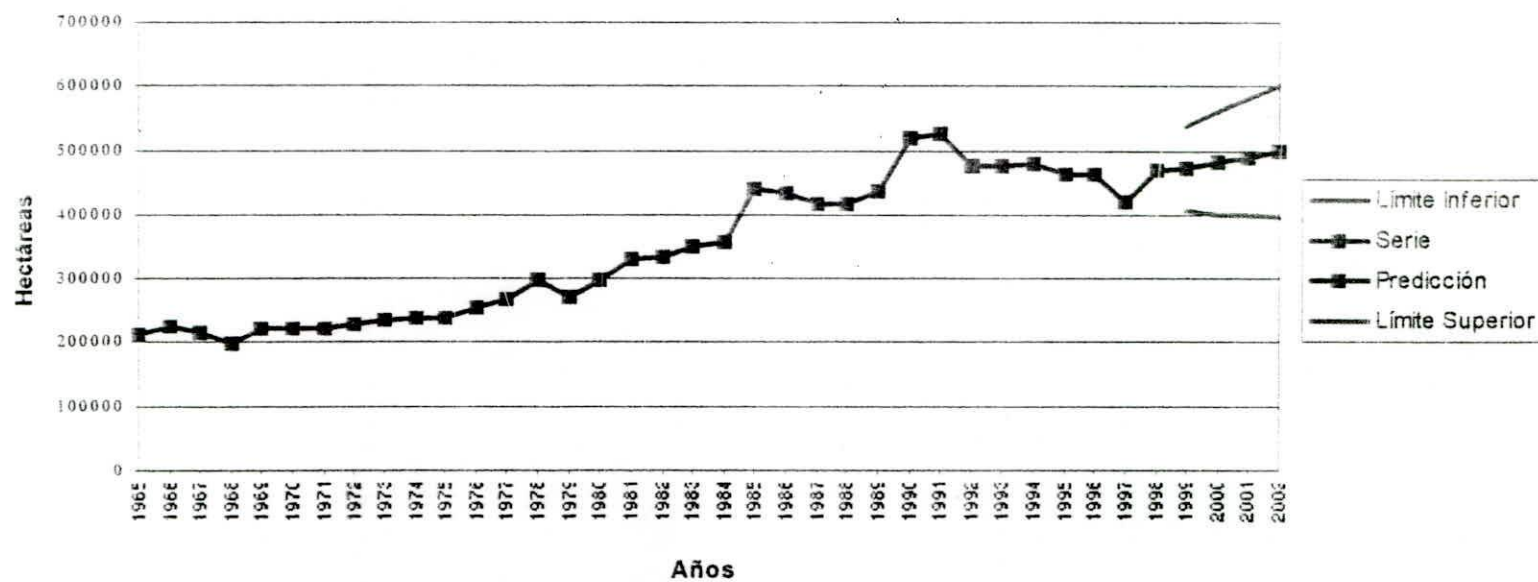
El modelo *ARIMA(0,1,1)* con constante asociada es el de mayor poder predictivo ya que posee el menor error cuadrático medio, ver Tabla 5.3. Es a partir de este modelo que estimamos la cantidad de hectáreas sembradas de café en el Ecuador en el año 1999 y predecimos la de los años 2000 - 2002.

Tabla 5.4
SUPERFICIE SEMBRADA
INTERVALOS DE PREDICCIÓN

<i>Años</i>	<i>Datos reales</i>	<i>Límite inferior</i>	<i>Predicción</i>	<i>Límite superior</i>
1997	420000	428302	454044	479785
1998	467738	411990	462930	513871
1999		404532	471817	539101
2000		400332	480703	561074
2001		397982	489590	581197
2002		396868	498476	600084

Con el objetivo de verificar el ajuste del modelo, se comparó los valores reales para el tiempo $t = n - 2, n - 1$ con los valores generados a partir del modelo escogido. En la Tabla 5.4. observamos que es pequeño el error existente entre los valores generados del modelo $ARIMA(0,1,1)$ con los valores originalmente observados para los años 1997 y 1998. En el Gráfico 5.7 se presentan, con sus respectivos límites de confianza, la estimación del año 1999 y las predicciones de la cantidad de hectáreas sembradas de café en el Ecuador para los años 2000-2002. En el año 1999, de acuerdo a nuestra estimación, la superficie sembrada se incrementó en un 1% con relación a 1998 con 471.817 has. La cantidad de hectáreas cultivadas en el año 2000 llegará a las 480.703 has.; mientras que en el 2001 aumentará en un 2% con relación al año anterior (489.590 has.). Para el 2002 se espera se cultiven 498.476 has. de café. Cabe resaltar, que estas predicciones no están sujetas a factores externos no medidos en nuestro estudio que pueden incidir en el comportamiento de las mismas, pues mucha información no está disponible ni actualizada.

Gráfico 5.7
ECUADOR: SUPERFICIE SEMBRADA
Hectáreas - (1965-2002)
PREDICCIONES

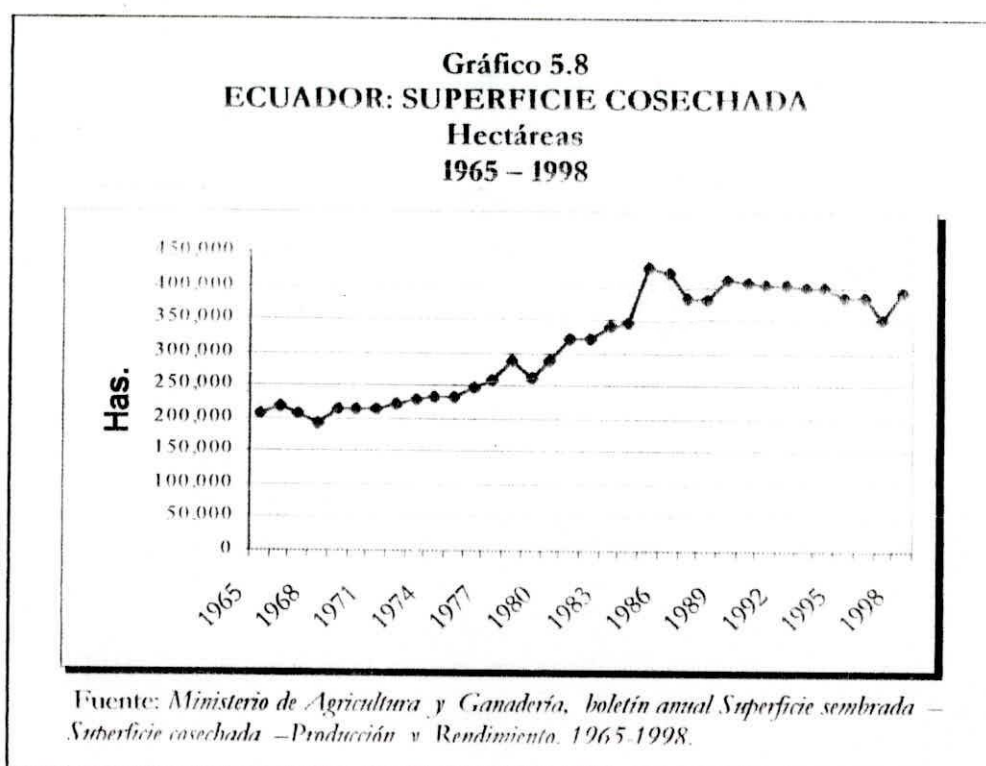


Datos reales (1990-1998), Estimación(1999), Predicción (2000-2002).

5.3.2. SUPERFICIE COSECHADA

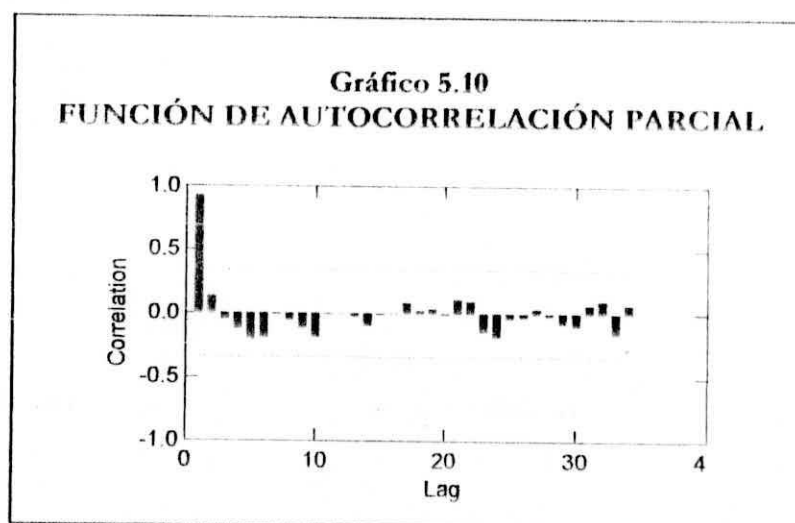
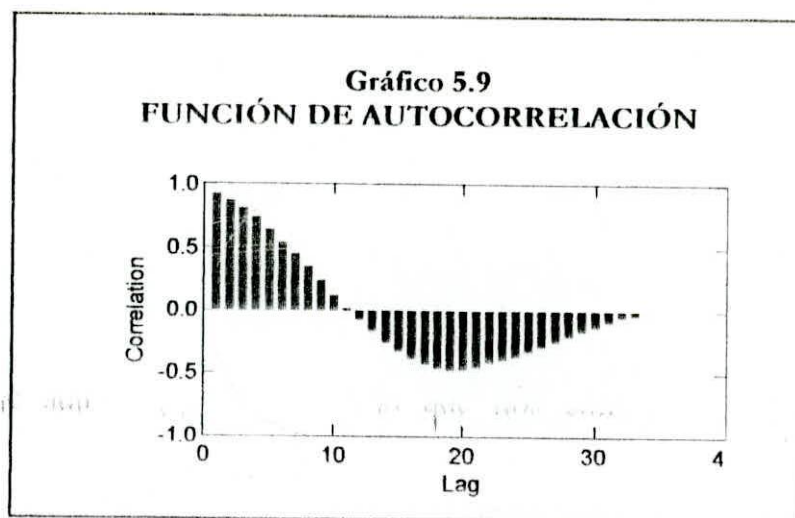
PERÍODO ANUAL (1965 - 1998)

La serie observada de la variable superficie cosechada definida durante el período anual 1965 hasta 1998 se presenta en el Gráfico 5.8.



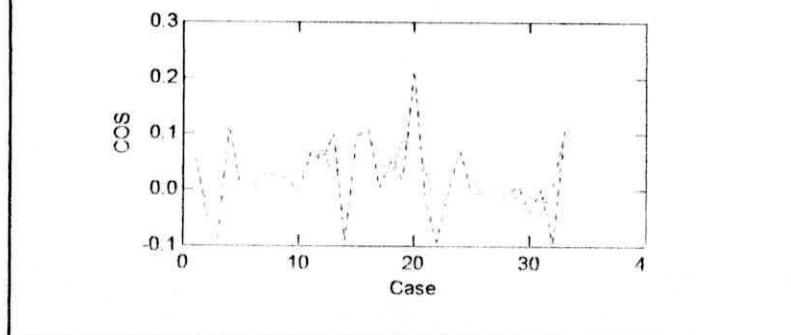
Esta variable tiene un comportamiento parecido al de la variable superficie sembrada, ya que también es creciente. Basándonos en este comportamiento, decimos que la serie no es estacionaria con respecto a la media. En el Gráfico 5.9 y 5.10 podemos notar que existe proximidad entre sí de los valores de la

función de autocorrelación $\rho(h)$, lo que nos confirma la supuesta no estacionaridad y la necesidad de diferenciar la serie para volverla estacionaria.



A la serie observada le aplicaremos una transformación logarítmica para luego diferenciarla estacionariamente y posteriormente se la suavizará para eliminar las fluctuaciones drásticas. Ver Gráfico 5.11.

Gráfico 5.11
SERIE TRANSFORMADA:
DIFERENCIADA - SUAVIZADA



Analizando gráficamente la función estimada de autocorrelación y autocorrelación parcial, escogeremos los parámetros p y q . En el Gráfico 5.12 de las autocorrelaciones estimadas notamos que la primera autocorrelación se encuentra fuera de la banda de confianza; mientras que en el Gráfico 5.13 de las autocorrelaciones parciales estimadas, para los primeros valores de h , sobresale solo el valor inicial. Esto nos indica que trabajaremos a partir de un modelo $ARIMA(1,1,1)$.

Gráfico 5.12
AUTOCORRELACIÓN ESTIMADA

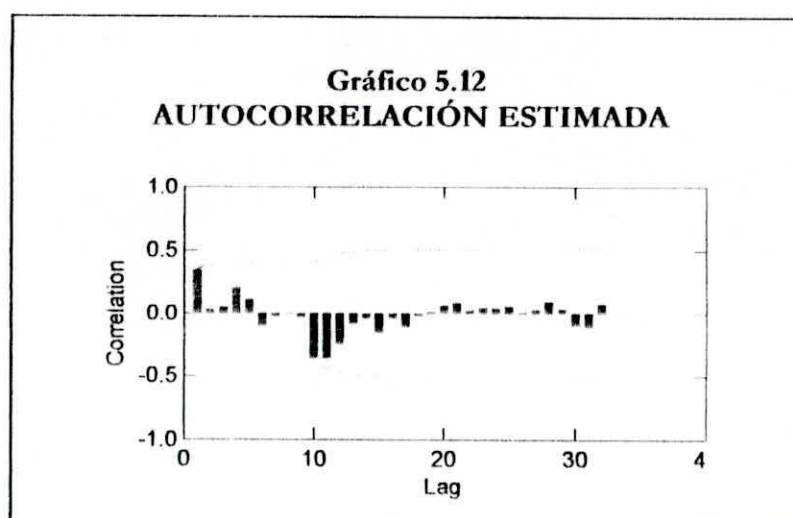
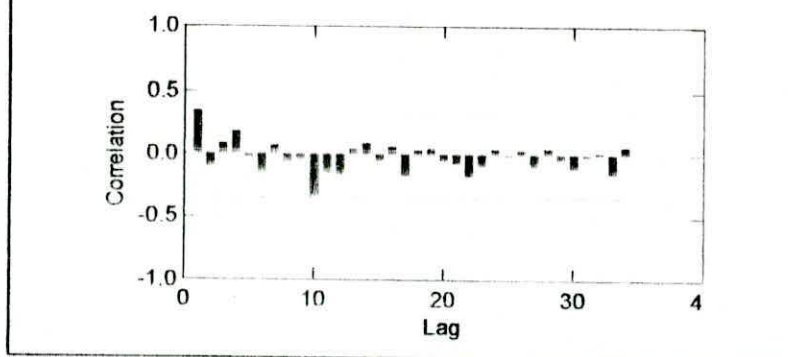


Gráfico 5.13
AUTOCORRELACIÓN PARCIAL ESTIMADA



A partir del modelo propuesto $ARIMA(1,1,1)$ obtenemos los modelos $ARIMA(0,1,1)$ y $ARIMA(1,1,0)$. Procederemos a analizar el nivel de significación de los coeficientes de los polinomios AR y MA utilizando la prueba t de Student. El respectivo contraste de hipótesis es:

$$H_0: \theta_k = 0$$

vs.

$$H_1: \theta_k \neq 0$$

Analizando la Tabla 5.5 vemos que para los modelos $ARIMA(1,1,0)$, $ARIMA(0,1,1)$ y $ARIMA(0,1,1)$ con constante asociada *rechazamos* la hipótesis nula, esto es sus coeficientes son diferentes de cero. De cada uno de los modelos escogidos verificaremos que los residuos μ_i cumplan con los supuestos de normalidad $\mu_i \sim N(0, \sigma^2)$ Kolmogorov-Smirnov e independencia $cov(\mu_i, \mu_j) = 0$; $i \neq j$. (verificación gráfica).

Tabla 5.5
PRUEBA DE LOS PARÁMETROS

		<i><95%> de confianza</i>	
	<i>Parámetros</i>	<i>Lím. inferior</i>	<i>Lím. superior</i>
■ <i>ARIMA(1,1,1)</i> <i>MSE= 0,001</i>	CONSTANTE	0.002	0.038
	<i>AR (φ₁)</i>	0.529	0.925
	<i>MA(θ₁)</i>	-0.934	0.324
	<i>MSE= 0,001</i>		
	CONSTANTE	-	-
	<i>AR (φ₁)</i>	-0.174	1.295
	<i>MA(θ₁)</i>	-1.005	0.886
■ <i>ARIMA(1,1,0)</i> <i>MSE= 0,001</i>	<i>Parámetros</i>	<i>Lím. Inferior</i>	<i>Lím. superior</i>
	CONSTANTE	-0.008	0.034
	<i>AR (φ₁)</i>	0.046	0.810
	<i>MSE= 0,001</i>		
	constante	-	-
	<i>AR (φ₁)</i>	0.259	0.940
■ <i>ARIMA(0,1,1)</i> <i>MSE= 0,001</i>	<i>Parámetros</i>	<i>Lím. Inferior</i>	<i>Lím. superior</i>
	CONSTANTE	0.006	0.039
	<i>MA(θ₁)</i>	-0.757	-0.124
	<i>MSE= 0,001</i>		
	CONSTANTE	-	-
	<i>MA(θ₁)</i>	-0.775	-0.212

Comprobamos gráficamente que los ruidos blancos de estos tres modelos son independientes, ya que sus autocorrelaciones y autocorrelaciones parciales estimadas presentan un comportamiento aleatorio y todos los valores se mantienen dentro de los límites de confianza. En la Tabla 5.6, basándonos en el valor p , notamos que la hipótesis nula H_0 de normalidad de los ruidos blancos $\mu_t \sim N(0, \sigma^2)$ de cada uno de los tres modelos *no se rechaza*.

Tabla 5.6
PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS RUIDOS BLANCOS

	$\mu_t \sim N(0, \sigma^2)$	<i>Estadístico D</i>	<i>Valor p</i>
▪ <i>ARIMA(1,1,0)</i>	$\mu_t \sim N(0, 0.001)$	0.202	0.134
▪ <i>ARIMA(0,1,1)</i>	$\mu_t \sim N(0, 0.001)$	0.278	0.012
▪ <i>ARIMA(0,1,1)</i> <i>con constante</i>	$\mu_t \sim N(0, 0.001)$	0.132	0.616

Como los tres modelos pasaron la fase de verificación, tenemos que escoger aquel que tenga mayor poder predictivo (MSE); podemos notar en la Tabla 5.7 que los tres modelos poseen igual error cuadrático medio, en este caso, escogeremos al modelo que posea mayor valor p en la prueba de normalidad, esto es, aquel que estadísticamente, sus residuos se ajusten más a una distribución normal.

Tabla 5.7
CRITERIO DEL MAYOR PODER PREDICTIVO

	<i>MSE</i>
▪ <i>ARIMA(1,1,0)</i>	0.001
▪ <i>ARIMA(0,1,1)</i>	0.001
▪ <i>ARIMA(0,1,1)</i> <i>con constante</i>	0.001

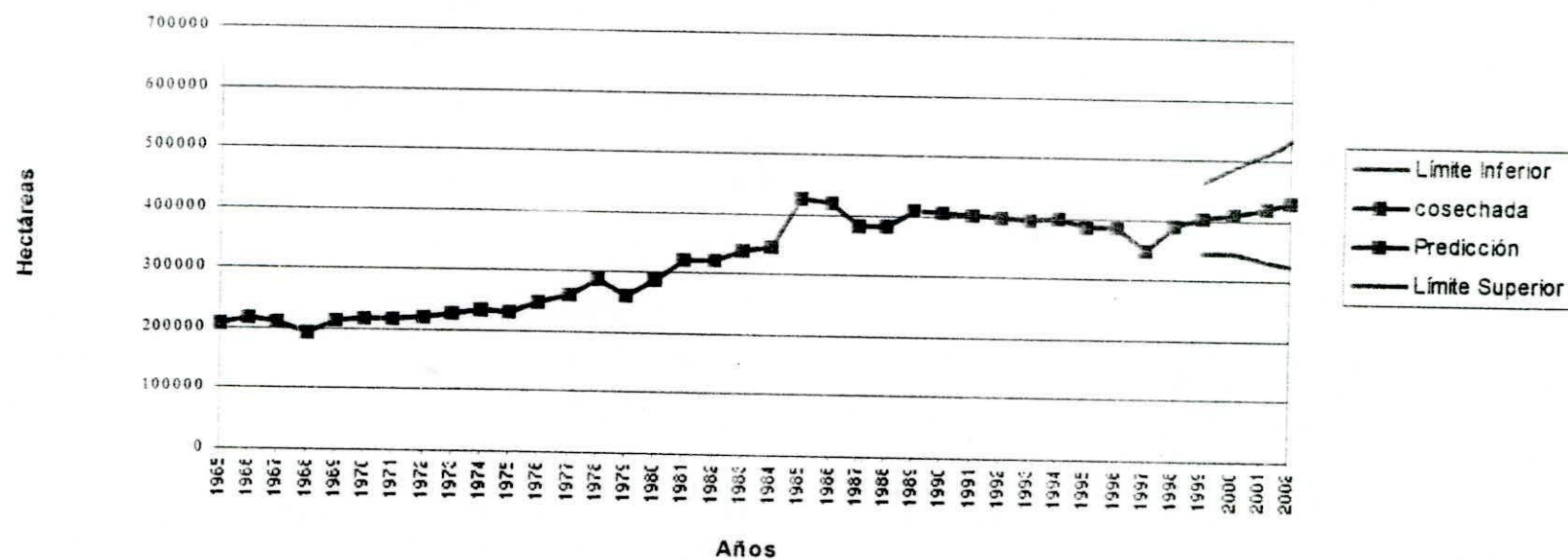
Escogemos el modelo $ARIMA(0,1,1)$ con constante asociada para hacer las estimaciones de la cantidad de hectáreas cosechadas de café en el Ecuador en el año 1999 y las predicciones para los años 2000-2002. Ver Tabla 5.8.

Tabla 5.8
SUPERFICIE COSECHADA
INTERVALOS DE PREDICCIÓN

<i>Años</i>	<i>Datos reales</i>	<i>Límite inferior</i>	<i>Predicción</i>	<i>Límite superior</i>
1997	350000	359084	383201	408938
1998	389782	349698	391920	439241
1999		345862	400838	464553
2000		344237	409959	488228
2001		343889	419287	511216
2002		344405	428827	533945

En el Gráfico 5.14 se muestra la estimación del año 1999 y las predicciones para los años 2000-2002; además, se presentan los límites de confianza de cada uno de ellos. De acuerdo a nuestra estimación, en 1999 la cantidad de hectáreas cosechadas en el Ecuador fue 400.838 has. mostrando un comportamiento proporcional al de la siembra, esto es, aumentó aproximadamente sólo en un 3% con relación a 1998. En el año 2000 y 2001 se llegará a cosechar 409.959 y 419.287 hectáreas, respectivamente. Para el año 2002 se espera que la superficie cosechada alcance las 428.827 has. sobrepasando el máximo ocurrido en el año 1985 con 426.969 has.

Gráfico 5.14
ECUADOR: SUPERFICIE COSECHADA
Hectáreas - (1965-2002)
PREDICCIONES

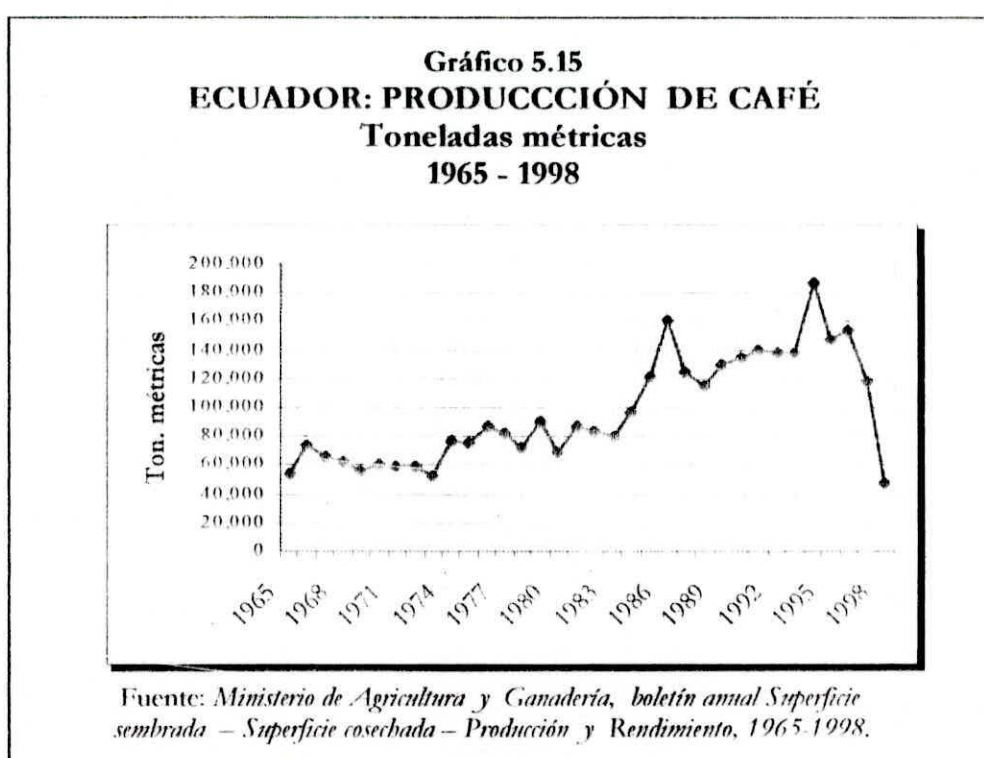


Datos reales (1990-1998), Estimación(1999), Predicción (2000-2002).

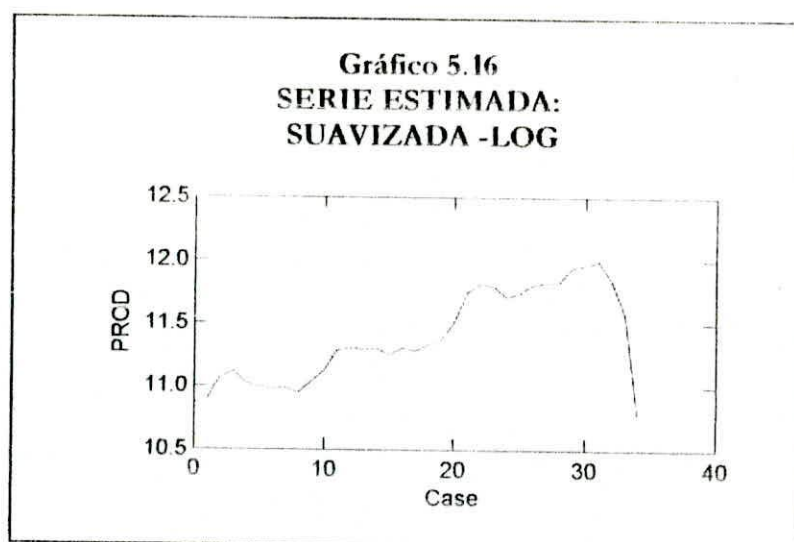
5.3.3. PRODUCCIÓN

PERÍODO ANUAL (1965 - 1998)

El Gráfico 5.15. corresponde a la serie observada de la variable producción de café, definida durante el período anual 1965 hasta 1998.



Observando la serie del Gráfico 5.15, notamos que se necesita transformar esta variable para ajustarla a un modelo temporal, por lo que empezaremos suavizándola y aplicándole una transformación logarítmica. Ver Gráfico 5.16.



Una vez suavizada y transformada la serie original, procederemos a obtener las autocorrelaciones y autocorrelaciones parciales estimadas para elegir los parámetros p y q de los polinomios autorregresivo $AR(p)$ y media móvil $MA(q)$.

Empleando la misma metodología descrita con las anteriores variables, llegamos a un modelo $ARIMA(1,0,2)$ que es equivalente a un modelo $ARMA(1,2)$, del cual obtenemos los modelos $ARMA(0,2)$, $ARMA(1,1)$ y $ARMA(1,0)$.

Analizando la Tabla 5.9 vemos que los modelos $ARMA(0,2)$, $ARMA(1,0,2)$ con constante asociada, $ARMA(1,0)$, $ARMA(1,0)$ con constante asociada; y, $ARMA(1,1)$ con constante asociada, pasan la prueba de los parámetros (*Student*).

Tabla 5.9
PRUEBA DE LOS PARÁMETROS

		<95% de confianza>	
■ ARMA(1,2)	Parámetros	Lím. inferior	Lím. superior
		datos no computables	
■ ARMA(0,2) MSE= 0.040	Parámetros	Lím. Inferior	Lím. superior
	CONSTANTE	11.181	11.637
	MA(θ_1)	-1.570	0.870
	MA(θ_2)	-0.985	-0.467
MSE= 20.475	CONSTANTE	-	-
	MA(θ_1)	-1.642	-1.011
	MA(θ_2)	-0.941	-0.524
■ ARMA(1,1) MSE= 0.023	Parámetros	Lím. Inferior	Lím. superior
	CONSTANTE	0.302	0.834
	AR (ϕ_1)	0.825	1.075
	MA(θ_1)	-0.878	-0.233
MSE 3.880	CONSTANTE	-	-
	AR (ϕ_1)	0.926	1.074
	MA(θ_1)	-0.536	0.118
■ ARMA(1,0) MSE=0.029	Parámetros	Lím. Inferior	Lím. superior
	CONSTANTE	0.058	0.768
	AR (ϕ_1)	0.862	1.066
MSE= 3.627	CONSTANTE	-	-
	MA(θ_1)	0.941	1.059

De cada uno de estos modelos escogidos verificaremos que sus ruidos blancos μ_t cumplan con los supuestos de normalidad e independencia. Sólo los ruidos blancos de los modelos: $ARMA(0,2)$ con constante asociada, $ARMA(1,1)$, y $ARMA(1,0)$ con constante asociada, pasaron la prueba gráfica de independencia de los residuos, ya que las autocorrelaciones y

autocorrelaciones parciales estimadas presentan un comportamiento aleatorio y se mantienen dentro de la banda de confianza.

Con respecto a la prueba de normalidad, con un valor p igual a 0.099, afirmamos que los residuos del modelo $ARMA(0,2)$ con constante asociada siguen una distribución normal $\mu_t \sim N(0, 0.035)$. Para los demás modelos, rechazamos la hipótesis nula de normalidad de los residuos. Ver Tabla 5.10.

$$H_0: \mu_t \sim N(0, \sigma^2)$$

vs.

$$H_1: \neg H_0$$

Tabla 5.10
PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS RUIDOS BLANCOS

	$\mu_t \sim N(0, \sigma^2)$	<i>Estadístico D</i>	<i>Valor p</i>
▪ <i>ARMA(0,2)</i>	$\mu_t \sim N(0, 4.85)$	0.758	0.000
▪ <i>ARMA(0,2)</i> <i>con constante</i>	$\mu_t \sim N(0, 0.035)$	0.213	0.092
▪ <i>ARMA(1,1)</i> <i>con constante</i>	$\mu_t \sim N(0, 0.022)$	0.248	0.031
▪ <i>ARMA(1,0)</i>	$\mu_t \sim N(0, 3.52)$	0.419	0.000
▪ <i>ARMA(1,0)</i> <i>con constante</i>	$\mu_t \sim N(0, 0.028)$	0.264	0.017

Tabla 5.11
PRODUCCIÓN DE CAFÉ
INTERVALOS DE PREDICCIÓN

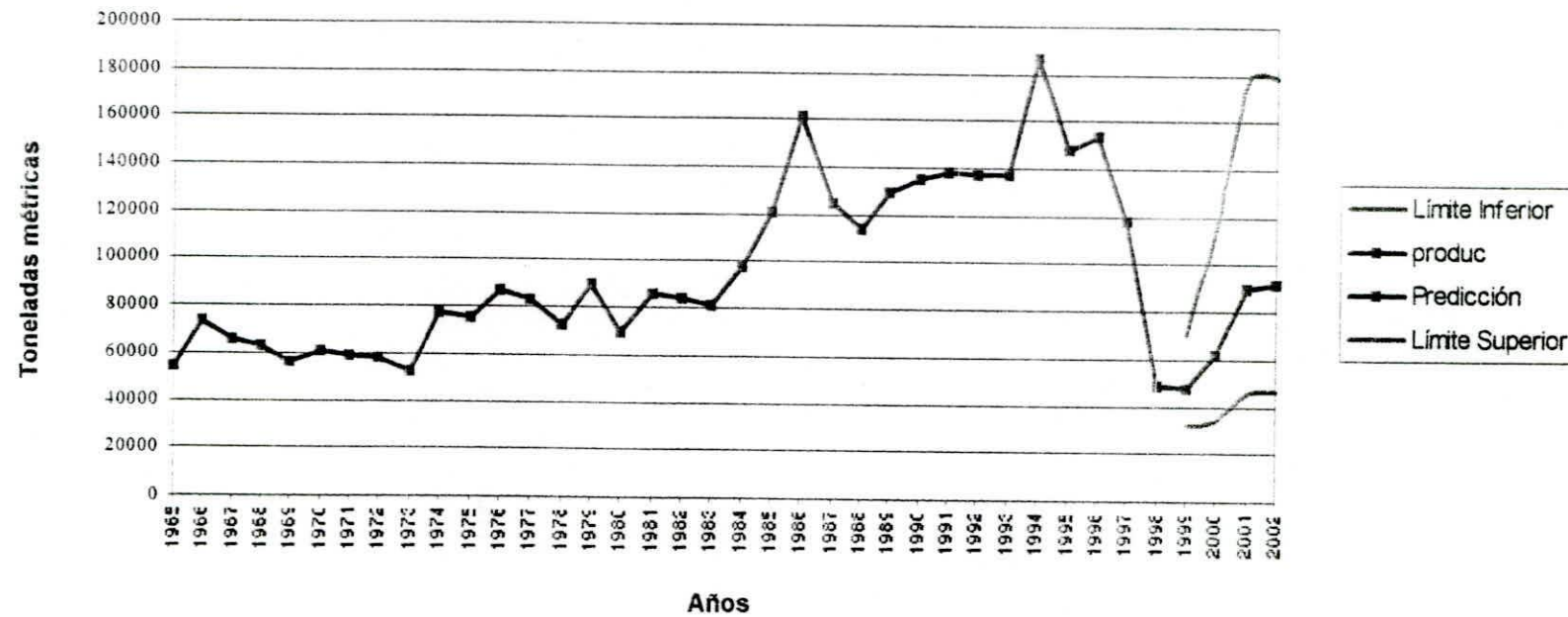
<i>Años</i>	<i>Datos reales</i>	<i>Límite inferior</i>	<i>Predicción</i>	<i>Límite superior</i>
1997	118181	86752	128211	189482
1998	48190	40685	54340	86245
1999		32264	47684	70471
2000		33476	61996	114814
2001		45730	90116	177580
2002		46542	92241	178392

En la Tabla 5.11 se presenta, con sus respectivos límites de confianza, la estimación para el año 1999 y las predicciones para los años 2000-2002 de la producción de café en toneladas métricas en el Ecuador.

En 1999 la producción estimada de café alcanzó las 47.684 toneladas. Para el año 2000 y 2001, la producción se situará en 61.996 y 90.116 tm., respectivamente. En el año 2002 la producción se apuntará en 92241 tm. Según nuestras predicciones, habrá una leve recuperación en la producción aunque seguirá en un nivel inferior a los históricos por los estragos producidos por el fenómeno "El Niño". Ver Gráfico 5.17.

Una vez proyectadas las variables superficie cosechada y producción, podemos emplearlas para estimar y predecir el rendimiento de café por hectárea cosechada.

Gráfico 5.17
ECUADOR: PRODUCCIÓN DE CAFÉ
Toneladas Métricas - (1965-2002)
PREDICCIONES

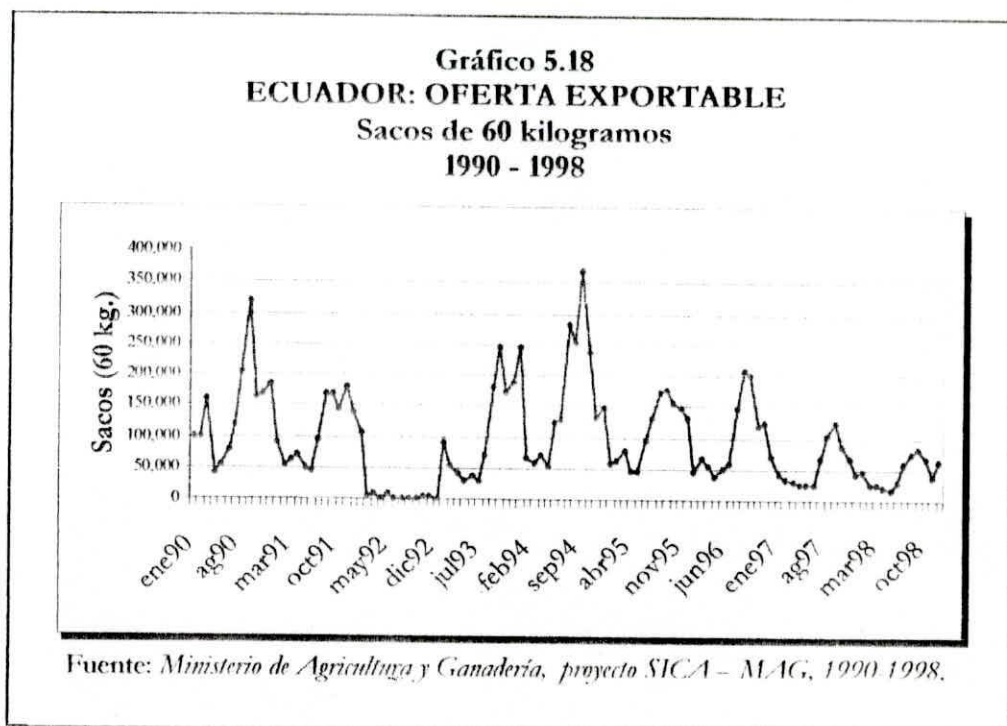


Datos reales (1990-1998), Estimación(1999), Predicción (2000-2002).

5.3.4. OFERTA EXPORTABLE

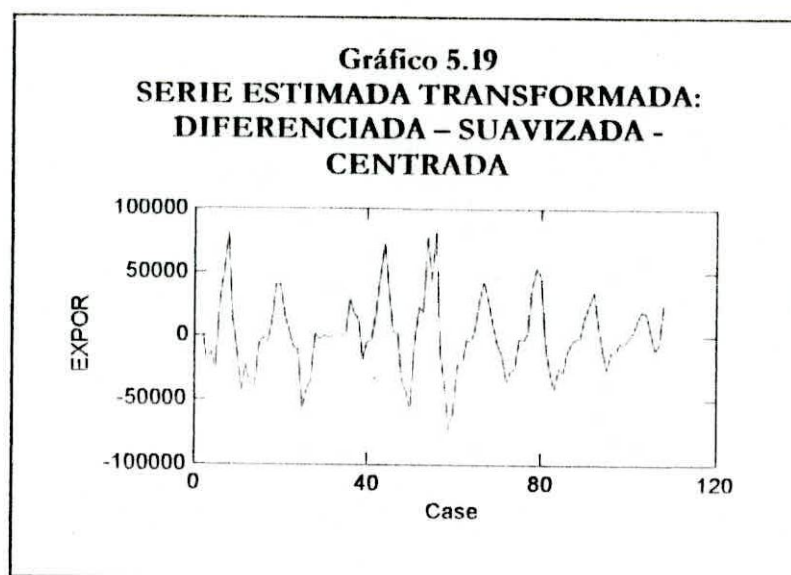
PERÍODO MENSUAL (1990 - 1998)

El Gráfico 5.18, corresponde a la serie observada de la variable oferta exportable de café en grano definida durante el período mensual 1990 - 1998.



Observando la serie del Gráfico 5.18, notamos que esta variable tiene un comportamiento fluctuante; además, la función de autocorrelación y autocorrelación parcial nos indican que es necesario diferenciarla estacionariamente.

Procederemos a centrar los datos para luego diferenciar la serie y posteriormente eliminaremos las fluctuaciones drásticas mediante una suavización. Ver Gráfico 5.19.



Siguiendo con la misma metodología, llegamos a un modelo $ARIMA(2,1,2)$, del cual obtenemos los modelos $ARIMA(1,1,2)$, $ARIMA(0,1,2)$, $ARIMA(2,1,0)$ y $ARIMA(2,1,1)$.

En la Tabla 5.12 se muestran los valores estimados de los coeficientes de cada uno de los modelos y sus respectivos intervalos con el 95% de confianza; además, notamos que únicamente los modelos $ARIMA(0,1,2)$, $ARIMA(2,1,1)$ y $ARIMA(2,1,0)$ son los que pasan la prueba de los parámetros (*Student*).

Tabla 5.12
PRUEBA DE LOS PARÁMETROS

		<95% de confianza>	
	<i>Parámetros</i>	<i>Lím. inferior</i>	<i>Lím. superior</i>
■ ARIMA(2,1,2) $MSE = 3.30657 \times 10^8$	CONSTANTE	-2574.730	2574.730
	AR (ϕ_1)	-0.187	0.245
	AR (ϕ_2)	-0.196	0.262
	MA (θ_1)	-1.019	-0.844
	MA (θ_2)	-1.010	-0.783
$MSE = 3.28099 \times 10^8$	CONSTANTE	-	-
	AR (ϕ_1)	-0.187	0.246
	AR (ϕ_2)	-0.197	0.261
	MA (θ_1)	-1.018	-0.835
	MA (θ_2)	-1.005	-0.771
■ ARIMA(1,1,2) $MSE = 3.27706 \times 10^8$	CONSTANTE	-6454.182	6454.183
	AR (ϕ_1)	-0.182	0.247
	MA (θ_1)	-1.013	-0.845
	MA (θ_2)	-1.004	-0.800
$MSE = 3.25185 \times 10^8$	CONSTANTE	-	-
	AR (ϕ_1)	-0.182	0.247
	MA (θ_1)	-1.011	-0.837
	MA (θ_2)	0.998	0.790
■ ARIMA(0,1,2)	<i>Parámetros</i>	<i>Lím. Inferior</i>	<i>Lím. superior</i>
	datos no computables		
	CONSTANTE	-	-
	MA (θ_1)	1.008	0.851
	MA (θ_2)	-0.995	-0.798
■ ARIMA(2,1,0)	<i>Parámetros</i>	<i>Lím. Inferior</i>	<i>Lím. superior</i>
	datos no computables		
	CONSTANTE	-	-
	AR (ϕ_1)	0.669	1.044
	AR (ϕ_2)	-0.461	-0.085

		<95% de confianza>	
■	ARIMA(2,1,1)	Parámetros	Lím. inferior Lím. superior
datos no computables			
MSE	3.59708×10^5	CONSTANTE	
		AR (ϕ_1)	1.386 1.665
		AR (ϕ_2)	0.900 0.653
		MA (θ_1)	0.681 0.989

De cada uno de los modelos escogidos, verificaremos que sus residuos μ_t cumplan con el supuesto de normalidad $\mu_t \sim N(0, \sigma^2)$ e independencia $\text{cov}(\mu_t, \mu_j) = 0; i \neq j$.

Se comprobó gráficamente que los residuos de los modelos *ARIMA(2,1,0)* y *ARIMA(0,1,2)* no son independientes. La suposición de normalidad, a través de la técnica de bondad de ajuste *kolmogorov - Smirnov*, no fue rechazada para el modelo *ARIMA(2,1,1)*. Ver Tabla 5.13.

Tabla 5.13
PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS RUIDOS BLANCOS

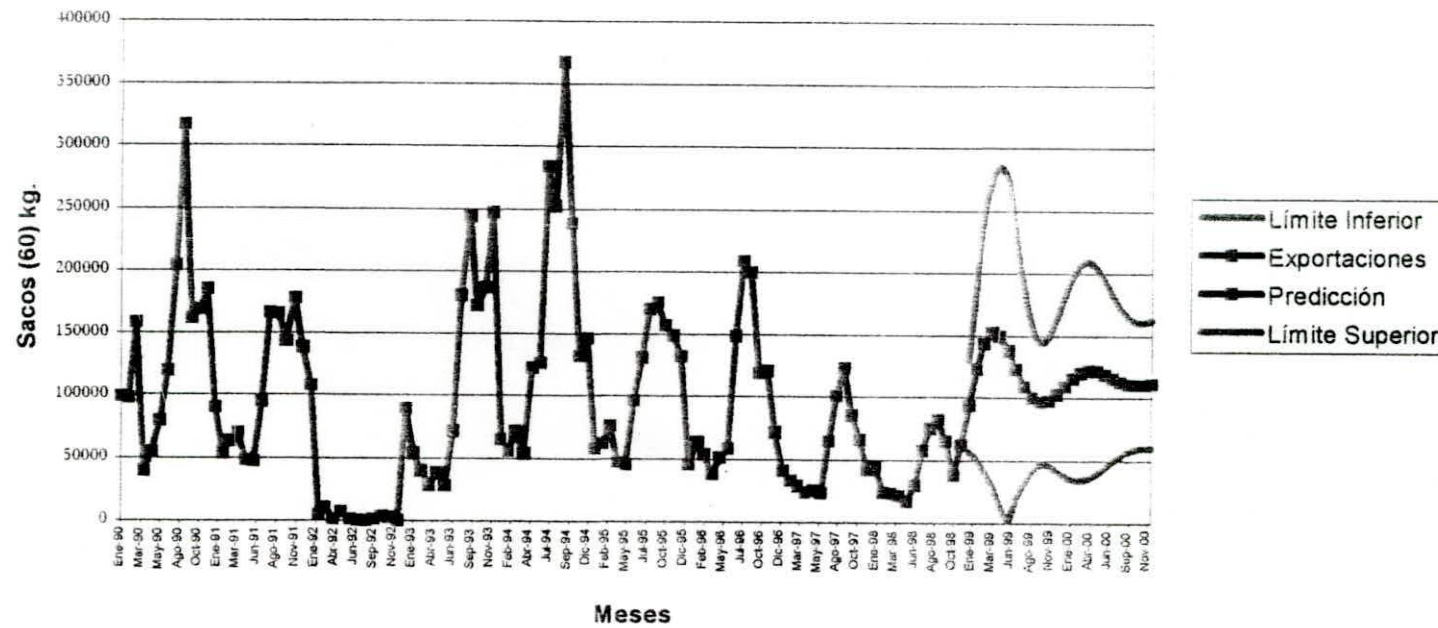
	$\mu_t \sim N(0, \sigma^2)$	<i>Estadístico D</i>	<i>Valor p</i>
■ <i>ARIMA(0,1,2)</i>	$\mu_t \sim N(0, 3.19299 \times 10^5)$	0.103	0.20
■ <i>ARIMA(2,1,1)</i>	$\mu_t \sim N(0, 3.52895 \times 10^5)$	0.103	0.202
■ <i>ARIMA(2,1,0)</i>	$\mu_t \sim N(0, 2.60556 \times 10^5)$	0.1	0.0

Por lo tanto, el modelo $ARIMA(2,1,1)$ por poseer coeficientes estadísticamente diferentes de cero y ruidos blancos normales e independientes, lo utilizaremos para estimar y predecir la cantidad de sacos exportados de café en grano en el Ecuador durante el período mensual de 1999 – 2000, respectivamente.

Tabla 5.14
OFERTA EXPORTABLE
INTERVALOS DE PREDICCIÓN

<i>Años</i>	<i>Límite inferior</i>	<i>Predicción</i>	<i>Límite superior</i>
Enc-99	55872	93045	130218
Feb-99	49771	122787	195803
Mar-99	40205	143551	246896
Abr-99	27918	152127	276336
May-99	13466	149086	284707
Jun-99	2451	137789	273127
Jul-99	18512	122919	227326
Ago-99	32565	109009	185454
Sep-99	42243	99340	156437
Oct-99	46239	95392	144546
Nov-99	45143	96878	148614
Dic-99	41117	102211	163304
Enc-00	36741	109190	181638
Feb-00	33921	115695	197468
Mar-00	33499	120197	206895
Abr-00	35436	122014	208592
May-00	39176	121289	203402
Jun-00	43920	118773	193625
Jul-00	48817	115497	182178
Ago-00	53126	112455	171785
Sep-00	56359	110359	164359
Oct-00	58382	109523	160665
Nov-00	59392	109876	160361
Dic-00	59812	111064	162316

Gráfico 5.20
ECUADOR: OFERTA EXPORTABLE
Sacos de 60 kilogramos - (1990-2001)
PREDICCIONES



Datos reales (1990-1998), Estimación(1999), Predicción (2000-2002).

5.3.5. COMPONENTES PRINCIPALES

Mediante el ajuste a un modelo temporal, también se estimaron a las C. P. Las estimaciones para la C. P. *Superficie cafetera* se generaron a partir del modelo temporal $ARIMA(1,1,0)$; mientras que para *Rendimiento* se utilizó el modelo $ARIMA(0,2,1)$. A partir del modelo $ARIMA(1,0)$ se obtuvieron las estimaciones para la componente *Influencia del dólar en las exportaciones*; en tanto que el modelo $ARIMA(1,2,1)$ se ajusta a la serie *Precios* y el modelo $ARIMA(0,2,1)$ a la serie *Importaciones*. Ver Tabla 5.15.

Tabla 5.15
PREDICCIONES – COMPONENTES PRINCIPALES

Años	Superficie cafetera	Rendimiento		
1999	-1.13	-2.34		
2000	-1.88	-2.47		
2001	-2.41	-2.60		
2002	-2.80	-2.73		
Meses	Precio	Influencia del Dólar	Importaciones	
Ene-99	1.282	2.061	-0.213	
Feb-99	1.315	1.859	-0.187	
Mar-99	1.351	1.702	-0.160	
Abr-99	1.386	1.577	-0.134	
May-99	1.421	1.550	-0.107	
Jun-99	1.456	1.398	-0.081	
Jul-99	1.491	1.333	-0.054	
Ago-99	1.527	1.279	-0.028	
Sep-99	1.562	1.235	-0.001	
Oct-99	1.597	1.199	0.025	
Nov-99	1.632	1.168	0.052	
Dic-99	1.667	1.142	0.078	
Ene-00	1.703	1.121	0.105	
Feb-00	1.738	1.103	0.131	
Mar-00	1.773	1.088	0.158	
Abr-00	1.808	1.075	0.184	
May-00	1.843	1.064	0.211	
Jun-00	1.879	1.054	0.237	
Jul-00	1.914	1.046	0.264	
Ago-00	1.949	1.040	0.290	
Sep-00	1.984	1.034	0.317	
Oct-00	2.019	1.029	0.343	
Nov-00	2.055	1.025	0.370	
Dic-00	2.090	1.021	0.396	

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. Se utilizó el modelo temporal $ARIMA(0,1,1)$ para estimar la superficie sembrada de café en el Ecuador durante los años 1999-2002. Se estima que en 1999 se cultivaron 471.817 hectáreas de café; en el año 2000 se llegará a las 480.703 has.; mientras que en el 2001 aumentará en un 2% con relación al año anterior (489.590 has.). En el año 2002 se espera se cultiven 498.476 hectáreas de café.
2. Para estimar la superficie cosechada de café en el Ecuador durante los años 1999-2002 utilizamos el modelo $ARIMA(0,1,1)$, con el cual se estima que se cosecharon 400.838 has. de café en 1999, aumentando aproximadamente sólo en un 3% con relación a 1998. En el año 2000 y 2001 se llegará a cosechar 409.959 y 419.287 hectáreas, respectivamente. Para el año 2002 se espera que la superficie cosechada sea 428.827 has., sobrepasando el máximo ocurrido en 1985 con 426.969 has.
3. Las estimaciones para la variable producción se generaron a partir del modelo temporal $ARMA(1,0,2)$. En 1999 la producción estimada de café alcanzó las 47.684 toneladas métricas; para el año 2000 y 2001, la producción estimada se situará en 61.996 y 90.116 tm, respectivamente; mientras que en el año 2002 la producción estimada será de 92.241 tm. Nuestras estimaciones indican que habrá una recuperación en la

producción cafetera a partir del 2000 aunque seguirá en un nivel inferior a los históricos. Según expertos, esto es consecuencia de los estragos producidos por el fenómeno "El Niño".

4. Con el modelo $ARIMA(2,1,1)$ se obtuvo que las exportaciones estimadas de café en grano en el año 1999 mostraron un pequeño incremento con relación a las de 1998, ocurriendo en el mes de abril la máxima cantidad exportada, con 152.127 sacos de 60 kg. En este mismo año, en los meses de septiembre a noviembre las exportaciones estimadas de café fueron inferiores a los 100 mil sacos. En el transcurso del año 2000 las exportaciones estimadas sobrepasarán los 100 mil sacos con un máximo de 122.013 sacos exportados en el mes de abril.

5. El análisis de componentes principales utilizando los datos estandarizados de las cinco variables originalmente observadas (anuales), fue el que mostró mejores resultados, ya que explica con dos componentes aproximadamente el 94% de la varianza total del sistema, reemplazando y conteniendo tanta información como las variables observadas: X_1 = Producción, X_2 = Superficie sembrada, X_3 = Superficie cosechada, X_4 = Rendimiento, X_5 = PIB. Matemáticamente se tiene:

Superficie cafetera: $Y_1 = 0.491 X_1 + 0.494 X_2 + 0.497 X_3 + 0.272 X_4 - 0.440 X_5$

Rendimiento: $Y_2 = 0.317 X_1 - 0.195 X_2 - 0.256 X_3 + 0.820 X_4 + 0.351 X_5$

6. Para el caso de las variables mensuales: X_1 = Oferta exportable, X_2 = Importaciones, X_3 = Precio internacional, X_4 = Tipo de cambio, X_5 = Índice de precios al consumidor; el análisis de componentes principales que mostró mejores resultados fue el aplicado a los datos estandarizados, obteniendo tres componentes que explican en conjunto aproximadamente el 84% de la variación total. Matemáticamente se tiene:

Precios:

$$Y_1 = 0.335 X_1 + 0.364 X_2 + 0.616 X_3 + 0.340 X_4 - 0.511 X_5$$

Influencia del dólar en las exportaciones:

$$Y_2 = -0.613 X_1 - 0.335 X_2 + 0.168 X_3 + 0.695 X_4 + 0.025 X_5$$

Importaciones:

$$Y_3 = -0.331 X_1 + 0.792 X_2 + 0.102 X_3 + 0.017 X_4 + 0.501 X_5$$

7. En el Ecuador se cultivó un promedio anual de 342.148 ± 18.598 has. durante el período 1965-1998, siendo 197.188 has. la mínima cantidad sembrada en 1968 y 524.678 has. la máxima en 1991. Con un valor $p=0,336$ se afirma que la variable superficie sembrada en ese período, sigue una distribución normal $X \sim N(342.000, 11,76 \times 10^9)$ durante el período 1965-1998. La mediana (Q_2) es 331.401 has., lo que significa que se estima que la probabilidad de sembrar entre 180.000 y 331.401 has. de café es 0,5; mientras que el primer cuartil Q_1 es 240.000 has., por lo que la probabilidad estimada de sembrar de 180.000 a 240.000 has. de café es

0,25. El tercer cuartil Q_3 es 444.000 has., entonces la probabilidad estimada de sembrar de 180.000 a 444.000 hectáreas de café es 0,75.

8. El promedio anual de hectáreas cosechadas de café durante 1965-1998 en el Ecuador fue 311.322 ± 13.919 has., con un mínimo de 191.230 has. en el año 1968 y un máximo de 426.969 has. cosechadas en 1985. Con un valor $\hat{p}$ igual a 0,183 aceptamos la hipótesis de normalidad de la variable superficie cosechada de café $X \sim N(311.322, 6,58 \times 10^9)$ durante el período 1965-1998. La mediana es 321.389 has., lo que significa que la probabilidad estimada de cosechar entre 150.000 y 321.389 has. es igual a 0,5. Q_3 es 386.523 has., indicando que la probabilidad estimada de cosechar de 150.000 a 386.523 has. de café es 0,75. Dada la aceptación de la normalidad de la variable, el error resultante entre la probabilidad estimada y la probabilidad obtenida a partir de la distribución normal, de cosechar entre 150 y 321 mil has. es 0,02; y, de cosechar entre 150 y 386 mil has. es 0,03.

9. La producción de café en el Ecuador durante el período 1965-1998 tuvo su mínimo en 1998 con 48.190 tm. y su máximo en 1994 con 186.797 tm. Los mejores años para el caficultor ecuatoriano fueron desde 1985 hasta 1997 pues la producción rebasó las 100.000 tm de café. En total se produjeron 3'297.643 tm. con un promedio de producción de 96.990 ± 6.373 tm. Con un valor $p=0,308$ afirmamos que la variable

producción de café en el Ecuador sigue una distribución normal $X \sim N(96.990, 1,38063 \times 10^9)$. El cuartil Q_3 es igual a 127.000 tm. de café durante el período 1965-1998, entonces la probabilidad estimada de producir de 40.000 a 127.000 tm. de café es igual a 0,75 es decir, el 75% de las observaciones ocurren hasta Q_3 . Al comparar los resultados de esta estimación con la probabilidad obtenida a partir de la distribución normal $X \sim N(96.990, 1,38063 \times 10^9)$ se obtuvo que el error es 0,02.

10. En nuestro país el mayor rendimiento anual se dio en el año 1994 con 467 kilogramos de café producidos por hectárea cosechada. El menor rendimiento ocurrió en 1998 con 124 kg./ha. El rendimiento promedio por hectárea cosechada de café fue 309 ± 11 kg./ha. durante el período 1965-1998. Estadísticamente se afirmó que la variable rendimiento de café por hectárea cosechada sigue una distribución normal $X \sim N(309, 3.719)$ durante el período 1965-1998 (valor $p = 0,594$). Se compararon los resultados de las probabilidades estimadas, a través de los cuartiles, con las probabilidades obtenidas a partir de la distribución normal $X \sim N(309, 3.719)$ obteniéndose que 0,003 es el error con relación a Q_1 y 0,062 con relación a Q_2 .

11. En septiembre de 1994 se exportó la máxima cantidad de sacos de café en grano de 60 kg. con 366.963 sacos. El peor año para las exportaciones de

café en grano durante el período 1990-1998 fue 1992 causado por desórdenes climáticos. El promedio de exportaciones mensuales de café en grano es de 92.702 ± 7.196 sacos(60 kg.). El cuartil Q_1 es 38.088 sacos de café en grano. El cuartil Q_2 corresponde al valor de la mediana (67.345 sacos), por lo que la probabilidad estimada de exportar entre 0 y 67.345 sacos de café en grano es 0,50. El cuartil Q_3 es 138.750 sacos e indica que la probabilidad estimada de exportar entre 0 y 138.750 sacos de café en grano dentro del período mensual de 1990-1998 es 0,75.

12. Las importaciones de café en grano en nuestro país han sido relativamente bajas, pues durante el período 1990-1998 se importaron un total de 88.662 sacos de 60 kg., con un máximo de 20.833 sacos en el mes de octubre de 1995 y un mínimo de 0 sacos con una frecuencia relativa de 0,37. En promedio las importaciones se situaron en 822 ± 309 sacos de 60 kg. de café en grano.

13. El precio promedio de café en grano se situó en los 98 ± 5 centavos de dólar por libra durante el período 1990-1998. El máximo precio referencial por libra de café establecido por la OIC fue 203 ctvs. US\$ en septiembre de 1994 y 46 ctvs. US\$ por libra el mínimo precio en agosto de 1992. El cuartil Q_1 corresponde a 67 ctvs. US\$ por libra, lo que indica que la probabilidad estimada que el precio se sitúe entre 46 y 67 ctvs. US\$ por libra es 0,25. El valor de la mediana (95 ctvs. US\$ por libra)

corresponde al cuartil Q_2 indicando que la probabilidad estimada que el precio del café en grano bajara de los 95 ctvs. US\$ por libra durante el período 1990-1998 es igual a 0,5. El cuartil Q_3 es 125 ctvs. US\$ por libra, por lo que la probabilidad estimada que el precio de café en grano se encuentre entre 46 y 125 ctvs. US\$ por libra es 0,75.

14. El tipo de cambio promedio mensual en el Ecuador durante el período 1990-1998 fue 2.544 ± 141 sucres, con un mínimo de 686 sucres por dólar en el mes de enero de 1990 y un máximo de 6.800 sucres en diciembre de 1998. El coeficiente del sesgo es 1,01 pues los datos se concentran más hacia la izquierda de su media. El valor correspondiente al coeficiente de kurtosis es 0,578 por lo que decimos que es una variable platycúrtica. La varianza es $2,160736 \times 10^6$ y la desviación estándar 1.470. El valor de la mediana y el segundo cuartil Q_2 es 2.177 sucres, lo que significa que la probabilidad estimada que el tipo de cambio en el Ecuador bajara de los 2.177 sucres por dólar durante el período 1990-1998 es 0,5. Q_1 es 1.379 sucres, lo que indica que la probabilidad estimada que el tipo de cambio se situara a menos de 1.379 sucres por dólar es 0,25. Q_3 es 3.300 sucres por dólar, por lo que la probabilidad estimada que el tipo de cambio sea a lo mucho 3.300 sucres durante el período 1965-1998 es igual a 0,75.

15. El índice de precios promedio al consumidor en el Ecuador durante el período mensual de 1990 a 1998 fue $2,62 \pm 0,17$ por ciento. El mínimo

índice de precios se registró en el mes de julio de 1994 con el 0^o y un máximo de 7,9^o en octubre de 1992. Con un valor p igual a 0,484 se afirmó que la variable índice de precios al consumidor definida durante el período mensual 1990 - 1998 es una variable exponencial con parámetro $\beta = 2,60$.

16. En el período 1965-1998, la mínima participación del café en el PIB agrícola se dio en 1983 con 1,8^o y su máxima en 1965 con 5,3^o. La aportación promedio fue $3,1 \pm 0,16^o$. Con un valor p igual a 0,175 decimos que existe evidencia estadística para afirmar que la variable PIB agrícola definida durante el período 1965-1998 es una variable normal $X \sim N(3,1, 0,94)$. El cuartil Q_3 es 3,93^o por lo que la probabilidad estimada que el porcentaje de participación esté entre 1,8 y 3,93^o es igual a 0,75; mientras que si calculamos la probabilidad basándonos en la distribución normal estándar es 0,71. El error que resulta de la probabilidad estimada y la probabilidad obtenida a partir de la distribución normal es 0,04.

RECOMENDACIONES

1. Con las variables que se construyeron mediante el análisis de componentes principales, se puede realizar un posterior estudio, ya que éstas contienen tanta información como las variables inicialmente observadas.
2. Se observó que a través de los años los fenómenos climáticos han afectado al cultivo del café, pues sus estragos suelen extenderse más de lo debido; por esta razón es recomendable que se establezcan programas preventivos que ayuden a minimizar los efectos producidos por estos fenómenos.
3. La diferencia existente entre la superficie sembrada y la superficie cosechada, indica que existen fallas en el proceso de cultivo; pues esta falta de eficiencia, según expertos, se debe a que los productores se ajustan a la limitada capacidad de los recursos existentes dentro del país, por lo que debería ponerse énfasis en una serie de cambios, que van desde su siembra hasta la venta del café, que afectan directamente a su cultivo en el Ecuador.
4. Es recomendable que el sector cafetalero ecuatoriano mantenga niveles constantes de producción; pues se observó que durante los años en que ocurrieron crisis en los sectores cafetaleros de países potencialmente productores, como es el caso de Brasil y Colombia, nuestro país se benefició y sacó provecho en cuanto a los precios y demanda de café.

5. Se podría considerar un posterior estudio analizando las mismas variables; pero tomando en cuenta la dolarización en el Ecuador con el objeto de analizar las posibles diferencias con los resultados obtenidos en este estudio.
6. La caficultura en el Ecuador es un sector que merece mucha atención, y es necesario hacer constantes estudios como éstos para poder tomar decisiones acertadas que contribuyan al mejoramiento de este sector, ya que la estadística juega un papel importante que con todas sus técnicas nos permite tomar decisiones razonables en los casos de incertidumbre.

APÉNDICE

Tabla A.1.

**MATRIZ DE DATOS
(PERÍODO ANUAL)
1965-1998**

<i>Mes</i>	<i>Producción (tm.)</i>	<i>Sup. Sembrada (bas.)</i>	<i>Sup. Cosechada (bas.)</i>	<i>Rendimiento (kg./bas.)</i>	<i>PIB Agrícola (porcentaje)</i>
1965	54008	211751	205354	263.00	5.30
1966	73375	224538	217755	336.96	4.25
1967	66118	214829	208339	317.36	4.20
1968	62778	197187	191230	328.29	3.80
1969	55893	221143	214462	260.62	3.90
1970	60427	221522	214830	281.28	4.70
1971	59325	221574	214880	276.08	4.90
1972	58425	228224	221329	263.97	5.10
1973	52122	234414	227332	229.28	3.90
1974	76993	239030	231809	332.14	4.10
1975	75670	237851	230665	328.05	3.50
1976	87101	254375	246690	353.08	3.10
1977	82680	268099	260000	318.00	3.50
1978	72085	296136	287190	251.00	3.30
1979	89728	269785	261635	342.95	3.10
1980	69445	296972	288000	241.13	2.70
1981	86085	330897	320900	268.26	2.60
1982	83938	331904	321877	260.78	2.70
1983	81075	319531	338971	239.18	1.80
1984	97258	355727	344980	281.92	2.00
1985	120861	440270	426969	283.07	2.40
1986	161252	433600	420500	383.48	2.40
1987	121205	416100	383100	321.21	2.00
1988	114027	415270	381130	299.18	2.00
1989	129309	437070	408680	316.41	2.20
1990	134980	517709	406880	331.74	2.60
1991	138578	524678	403870	343.13	2.80
1992	137671	476692	400460	343.78	2.60
1993	137003	476124	396770	345.30	2.40
1994	186797	479856	399880	467.13	2.40
1995	148204	460812	384010	385.94	2.50
1996	153856	461568	384640	400.00	2.60
1997	118181	420000	350000	337.66	2.40
1998	48190	457738	389782	123.63	2.40

Tabla A.2.

**MATRIZ DE DATOS
(PERÍODO MENSUAL)
1990-1998**

<i>Mes</i>	<i>Oferta Exportable (sacos de 60 kg.)</i>	<i>Importación (sacos de 60 kg.)</i>	<i>Precio Internacional (cts. US\$/ libra)</i>	<i>Tipo de cambio (sucres por dólar)</i>	<i>Índice de Precios (porcentaje)</i>
Ene-90	98632.00	92.70	62.75	686	4.00
Feb-90	97239.75	0.00	67.01	690	6.00
Mar-90	158183.45	0.00	75.25	732	4.70
Abr-90	39168.30	0.00	75.34	779	4.50
May-90	54038.17	0.00	73.30	822	2.80
Jun-90	78471.17	0.00	69.91	848	2.30
Jul-90	119305.10	0.00	68.36	894	1.40
Ago-90	203939.33	0.00	74.10	894	1.30
Sep-90	316567.70	0.00	75.55	875	2.60
Oct-90	161573.67	0.00	73.89	853	4.30
Nov-90	169010.00	0.00	70.10	863	5.70
Dic-90	184635.83	0.00	72.83	883	2.70
Ene-91	89233.90	0.00	69.38	910	3.80
Feb-91	53022.12	0.00	70.55	968	4.40
Mar-91	62857.75	0.00	72.47	1000	4.90
Abr-91	69176.25	9.77	71.45	1026	2.70
May-91	47936.10	0.00	67.47	1098	4.50
Jun-91	46223.75	0.00	65.58	1114	1.90
Jul-91	94193.95	29.87	64.31	1106	0.90
Ago-91	166033.13	5.33	63.34	1103	3.00
Sep-91	165402.42	4.55	66.86	1111	3.30
Oct-91	143139.35	4.17	62.83	1113	3.70
Nov-91	177659.00	74.00	64.30	1161	1.90
Dic-91	138068.50	9.18	63.07	1273	4.00
Ene-92	107090.48	2.20	61.12	1323	5.60
Feb-92	3795.00	4.67	55.51	1331	3.20
Mar-92	10048.50	13.65	56.48	1330	3.30
Abr-92	379.50	0.00	53.64	1357	5.50
May-92	6831.00	2.72	49.27	1436	4.50
Jun-92	379.50	0.00	48.13	1458	4.30
Jul-92	0.00	144.50	48.70	1494	2.40
Ago-92	0.00	0.00	45.80	1618	0.80
Sep-92	277.20	0.00	47.11	1792	6.90
Oct-92	3520.00	0.00	52.88	1810	7.90
Nov-92	2200.00	0.00	57.49	1908	0.50
Dic-92	0.00	8.02	64.00	1857	1.30
Ene-93	88649.67	0.00	58.14	1835	3.60

<i>Mes</i>	<i>Oferta Exportable.</i>	<i>Importación</i>	<i>Precio Internacional</i>	<i>Tipo de Cambio</i>	<i>Índice de Precios</i>
Feb-93	53849.78	0.00	57.32	1824	1.10
Mar-93	39478.50	63.20	54.76	1862	4.20
Abr-93	28040.75	0.00	51.38	1871	2.70
May-93	38135.97	16.62	54.18	1903	6.60
Jun-93	27708.85	36.08	54.54	1905	1.40
Jul-93	71424.75	37.82	60.61	1924	0.70
Ago-93	180295.82	0.00	67.69	1925	0.30
Sep-93	243210.50	10.70	71.64	1938	1.90
Oct-93	172126.58	34.87	67.78	1939	2.10
Nov-93	186783.37	19.55	70.03	1966	2.10
Dic-93	246857.73	32.63	71.50	2022	0.50
Ene-94	64603.43	0.00	69.17	2089	2.30
Feb-94	55612.72	51.23	72.37	2068	3.40
Mar-94	71398.52	4795.70	76.11	2138	3.20
Abr-94	53572.93	0.00	81.19	2155	2.50
May-94	122243.08	8348.95	108.42	2159	1.10
Jun-94	126324.72	16693.67	127.91	2175	0.80
Jul-94	283363.27	50.52	191.44	2178	0.00
Ago-94	251577.67	203.00	181.53	2222	2.00
Sep-94	366963.43	6417.87	202.39	2228	0.90
Oct-94	237824.45	8296.12	185.61	2247	1.10
Nov-94	131751.02	15726.50	168.12	2278	3.00
Dic-94	146048.17	0.00	149.14	2243	1.10
Ene-95	51476.15	101.50	152.08	2332	3.30
Feb-95	64850.28	2698.52	152.24	2368	0.90
Mar-95	75848.48	1872.50	162.73	2378	2.40
Abr-95	46356.80	0.00	159.59	2375	1.90
May-95	45031.93	0.97	155.96	2407	2.40
Jun-95	95787.65	153.33	141.66	2508	0.90
Jul-95	130850.60	0.00	132.71	2513	0.10
Ago-95	169872.95	0.00	141.70	2598	1.00
Sep-95	175278.17	0.05	124.76	2557	0.70
Oct-95	156758.75	20833.35	120.02	2623	1.40
Nov-95	148089.80	22.85	117.99	2818	1.40
Dic-95	131833.98	2.83	99.57	2873	1.60
Ene-96	45481.57	0.00	100.33	2882	3.40
Feb-96	63367.35	156.25	110.50	2963	3.70
Mar-96	53086.17	16.33	105.89	3048	3.00
Abr-96	37485.08	0.00	107.09	3069	2.50
May-96	50667.00	23.33	110.24	3131	1.70
Jun-96	58195.48	0.00	105.79	3130	1.60
Jul-96	148115.55	0.08	99.97	3205	1.90
Ago-96	208344.60	55.52	102.73	3279	1.80

<i>Mes</i>	<i>Oferta Exportable.</i>	<i>Importación</i>	<i>Precio Internacional</i>	<i>Tipo de Cambio</i>	<i>Índice de Precios</i>
Sep-96	109657.32	0.12	96.52	3289	2.00
Oct-96	119085.98	5.47	98.56	3323	1.90
Nov-96	120661.00	23.38	97.14	3463	3.20
Dic-96	71180.03	127.33	90.04	3624	1.60
Ene-97	40461.15	0.17	100.03	3695	3.40
Feb-97	32341.00	0.00	121.89	3757	3.70
Mar-97	28465.70	31.43	137.47	3793	3.00
Abr-97	23222.47	1.68	142.20	3855	2.50
May-97	25060.50	0.00	180.44	3910	1.70
Jun-97	22956.58	0.93	155.38	3989	1.60
Jul-97	63814.38	8.43	135.04	4045	1.60
Ago-97	100668.68	17.15	132.36	4109	0.30
Sep-97	123294.03	0.00	132.51	4141	0.30
Oct-97	85109.47	8.55	121.09	4260	6.50
Nov-97	65510.80	39.73	118.16	4327	0.40
Dic-97	41416.33	27.02	130.02	4426	1.20
Ene-98	43950.70	0.00	130.61	4530	5.40
Feb-98	23253.84	0.00	130.78	4543	3.50
Mar-98	22639.86	0.00	119.93	4886	5.30
Abr-98	21023.94	0.26	119.66	5057	5.70
May-98	16728.63	904.00	114.23	5216	1.00
Jun-98	29325.57	4.70	103.84	5275	2.90
Jul-98	56982.44	1.27	97.32	5358	1.60
Ago-98	74530.27	0.30	101.25	5509	0.30
Sep-98	81421.61	2.64	95.82	6418	0.30
Oct-98	64439.04	3.01	95.01	6769	6.50
Nov-98	37429.62	14.17	98.26	6562	0.40
Dic-98	61362.44	262.64	100.73	6795	1.20

Tabla A.3.

COMPONENTES PRINCIPALES
DATOS ESTANDARIZADOS
MENSUAL – (1990 – 1998)

<i>Mes</i>	Y_1	Y_2	Y_3
Ene-90	1.41	-0.98	0.01
Feb-90	1.95	-0.91	0.59
Mar-90	1.17	-1.37	0.02
Abr-90	-1.63	-0.38	0.45
May-90	-1.11	-0.51	-0.09
Jun-90	-0.90	-0.72	0.35
Jul-90	0.48	-1.05	-0.78
Ago-90	0.92	-1.72	-1.17
Sep-90	0.18	-2.63	-1.30
Oct-90	-1.03	-1.36	-0.15
Nov-90	-1.46	-1.41	0.20
Dic-90	-0.49	-1.56	-0.70
Ene-91	-1.28	-0.76	0.02
Feb-91	-1.58	-0.42	0.36
Mar-91	-1.63	-0.47	0.46
Abr-91	0.99	0.55	0.18
May-91	-1.65	-0.33	0.40
Jun-91	0.94	0.36	0.32
Jul-91	-0.46	-0.78	0.81
Ago-91	-0.76	-1.34	-0.55
Sep-91	-0.93	-1.30	-0.31
Oct-91	-1.06	-1.12	0.25
Nov-91	-0.35	-1.42	0.88
Dic-91	-1.13	-1.02	-0.14
Ene-92	1.75	-0.73	0.11
Feb-92	1.61	0.07	0.21
Mar-92	1.60	0.02	0.22
Abr-92	2.31	0.13	0.86
May-92	2.05	0.08	0.55
Jun-92	2.03	0.11	0.52
Jul-92	1.46	0.12	0.03
Ago-92	-1.04	0.16	-0.46
Sep-92	-2.71	0.33	1.25
Oct-92	2.88	0.35	1.53
Nov-92	-0.69	0.32	-0.51
Dic-92	-0.83	0.36	-0.26
Ene-93	1.19	-0.37	0.93

<i>Mes</i>	Y_1	Y_2	Y_3
Feb-93	0.65	0.13	0.58
Mar-93	1.62	0.03	0.36
Abr-93	-1.31	0.10	-0.03
May-93	-2.32	0.10	1.02
Jun-93	0.88	0.11	-0.37
Jul-93	0.38	0.22	0.74
Ago-93	0.33	-1.08	1.33
Sep-93	0.23	-1.56	1.15
Oct-93	0.20	0.99	0.78
Nov-93	-0.19	-1.09	-0.84
Dic-93	0.66	1.57	1.54
Ene-94	0.69	0.02	0.25
Feb-94	0.99	0.06	0.12
Mar-94	0.25	-0.51	1.18
Abr-94	-0.59	0.15	-0.11
May-94	1.51	-1.18	1.33
Jun-94	2.88	-1.99	3.34
Jul-94	2.96	-1.27	1.51
Ago-94	2.11	-1.02	0.80
Sep-94	3.99	-2.54	0.03
Oct-94	3.30	-1.74	1.02
Nov-94	2.85	-1.68	3.80
Dic-94	1.35	0.28	-0.72
Ene-95	0.41	0.52	0.32
Feb-95	1.42	0.20	0.27
Mar-95	1.13	0.24	0.45
Abr-95	0.88	0.66	-0.03
May-95	0.68	0.67	0.11
Jun-95	1.14	0.20	-0.53
Jul-95	1.36	-0.12	-0.97
Ago-95	1.45	0.34	-0.86
Sep-95	1.27	0.49	-1.02
Oct-95	3.29	2.49	4.39
Nov-95	0.90	0.16	0.71
Dic-95	0.49	0.08	0.63
Ene-96	0.40	0.66	0.25
Feb-96	0.20	0.58	0.33
Mar-96	0.12	0.69	0.13
Abr-96	0.03	0.83	0.06
May-96	0.33	0.75	-0.20
Jun-96	0.32	0.67	0.28
Jul-96	0.56	0.05	0.61
Ago-96	0.92	0.50	0.88

<i>Mes</i>	<i>Y₁</i>	<i>Y₂</i>	<i>Y₃</i>
Sep-96	0.72	0.45	0.82
Oct-96	0.43	0.24	0.48
Nov-96	0.08	0.30	0.12
Dic-96	0.25	0.72	0.34
Ene-97	0.24	1.08	0.30
Feb-97	0.01	1.28	0.48
Mar-97	0.46	1.39	0.35
Abr-97	0.66	1.48	0.24
May-97	2.50	1.60	0.83
Jun-97	1.16	1.59	0.03
Jul-97	1.03	1.19	0.20
Ago-97	1.54	0.88	0.73
Sep-97	1.64	0.72	0.83
Oct-97	0.44	1.12	1.04
Nov-97	1.17	1.21	0.57
Dic-97	1.05	1.52	0.21
Ene-98	0.40	1.64	0.95
Feb-98	0.35	1.76	0.51
Mar-98	0.26	1.94	1.00
Abr-98	0.34	2.04	1.12
May-98	1.02	1.93	0.65
Jun-98	0.28	1.93	0.27
Jul-98	0.69	1.70	0.23
Ago-98	1.23	1.63	0.65
Sep-98	1.39	1.97	0.67
Oct-98	0.38	2.36	1.14
Nov-98	1.24	2.41	0.43
Dic-98	1.24	2.32	0.24

BIBLIOGRAFÍA

- [1]. MENDENHALL WILLIAN, WACKERLY DENNIS, SCHEAFFER RICHARD. Estadística Matemática con Aplicaciones. Segunda Edición. Grupo Editorial Iberoamérica. México D.F. México, 1.998.
- [2]. SCHEAFFER RICHARD, MCCLAVE JAMES. Probabilidad y Estadística para Ingeniería, grupo Editorial Iberoamérica. México D.F. México, 1.996.
- [3]. FREUND JOHN, WALPOLE RONALD. Estadística Matemática con Aplicaciones, cuarta Edición, editorial Prentice – Hall Hispanoamericana, S.A. México, 1.995.
- [4]. KLIMOV G. Probability Theory and Mathematical Statistics, editorial mir publishers. Rusia, 1.992.
- [5]. BOX, G.E.P., AND G.M. JENKINS. Time Series Analysis, Forecasting and Control, tercera edición, editorial Prentice Hall Hispanoamericana, S.A. México, 1.995.
- [6]. HOLGER CAPA SANTOS. Modelación de Series Temporales, ESPON, Ecuador, 1.998.

- [7]. JHONSON RICHARD, WICHERN TEAN. Applied Multivariate Statistical Analysis, cuarta edición, Prentice Hall, New York, 1.998.
- [8]. HAIR JOSEPH, ANDERSON ROLPH, TATHAM RONALD, BLACK WILLIAM. Multivariate Data Analysis, quinta edición, Prentice Hall, New York, 1.998.
- [9]. ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL CAFÉ. Boletín Anual de la OIC, Statistic on Coffee, España, 1999.
- [10]. ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL CAFÉ. Satatistics on Coffee, 30 de junio de 1999.
- [11]. I CENSO CAFETALERO EN EL ECUADOR, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Ecuador, 1983.
- [12]. SERVICIO DE INFORMACAO AGRÍCOLA MINISTERIO DA AGRICULTURA. O Café No Brasil Sua Aclimacao E. Industrializacao, Río de Janeiro, vol I y II, 1996.
- [13]. JAIME NOSTI NAVA. Cacao, Café y Té, Colección Agrícola Salvar, España, 1995.
- [14]. INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS. Inventario Tecnológico del Cultivo del Café, Programa Nacional del Café, Quevedo – Ecuador, 1995.

[15]. INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS. Manual del Cultivo del Café, Programa Nacional del Café, Quevedo – Ecuador, 1995.

[16]. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. Boletines Mensuales, Proyecto SICA- MAG, Ecuador, 1998.

[17]. <http://www.sica.gov.ec/agro>.

[18]. <http://www.ioc.com>