

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE POSGRADO EN INGENIERÍA Y CIENCIAS

**CLASIFICACIÓN DE DATOS PORCENTUALES MEDIANTE
CARACTERÍSTICAS MATEMÁTICAS DE ORDEN, COMPARACIÓN
DE PARTICIONES, Y ANÁLISIS POLICROMÁTICO DE DATOS.
ANÁLISIS DEL USO DEL SUELO EN LOS TRES CENSOS
AGROPECUARIOS**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE
MAGÍSTER (MSc.) EN ESTADÍSTICA APLICADA**

NELSON ALEJANDRO ARAUJO GRIJALVA

DIRECTOR: MSc. ALFONSO CASTRO

Quito, mayo 2006

DECLARACIÓN

Yo, Nelson Alejandro Araujo Grijalva, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

**NELSON ALEJANDRO
ARAUJO GRIJALVA**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Nelson Alejandro Araujo Grijalva, bajo mi supervisión.

MSc. Alfonso Castro B.
DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a Dios, Padre y Creador de todo el universo, a Jesucristo que es su palabra y sabiduría, y al Espíritu Santo que concede todos los dones.

Mi agradecimiento a la Escuela Politécnica Nacional por auspiciar las actividades de la maestría, reconociéndolas como parte de la responsabilidad académica, y en particular por patrocinar estos proyectos, que permiten realizar la capacitación y formación académica continua de su personal docente.

Mis agradecimientos a todos los profesores del programa de maestría en Estadística Aplicada, en particular a Clélia Toloí, Enrique Navarrete, y principalmente a mis colegas de la Politécnica: Jaime Andrade, Rafael Burbano, Carlos Echeverría, Edwin Galindo, Daniel Manangón, Nelson Subía, y Holger Capa, coordinador de la maestría, gracias a mi estimado amigo Luis Horna, y de manera especial a Alfonso Castro, director de este proyecto.

Agradezco también a Jaime Maldonado, jefe del Sistema de Estadísticas Agropecuarias del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), por proporcionar la información cantonal, del primer censo agropecuario del año 1954, requerida para el análisis.

Por último, le doy gracias a mi familia, y en particular a mi esposa Ruth Muñoz, por el ánimo e impulso que me ha dado durante este periodo de tiempo, en el que he regresado a la estimulante actividad de ser estudiante.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia, en particular a mi esposa Ruth Muñoz, por su continuo apoyo durante la realización de la maestría, a Sara Emilia, Ruth Alejandra, María Cristina, y Paula Beatriz por la tolerancia y el amor que me tienen, a Juan Ignacio por las horas que no pudimos jugar durante el tiempo que dediqué a la maestría, y a Miriam Camila por los cuentos no leídos, y los paseos que han tenido que postergarse, por causa de mis estudios. Sepan que lo que he realizado y hago es en favor de todos nosotros, creo que vale la pena esas pequeñas privaciones; lo que no se puede descuidar es la enseñanza de nuestro Señor Jesucristo: “buscad primero el Reino de Dios y su justicia, y todas esas cosas se os darán por añadidura” (Mt 6,33).

CONTENIDO

DECLARACIÓN	II
CERTIFICACIÓN	III
AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIA.....	V
CONTENIDO.....	VI
LISTADO DE GRÁFICOS	X
LISTADO DE CUADROS	XIV
RESUMEN	XVII
PRESENTACIÓN	XVIII
CAPÍTULO 1	1
MARCO CONCEPTUAL.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 ANTECEDENTES.....	2
1.3 DEFINICIONES BÁSICAS, SOBRE USO DEL SUELO, EN LOS TRES CENSOS AGROPECUARIOS	5
1.4 LAS SEIS CATEGORÍAS DE USO DEL SUELO COMUNES EN LOS TRES CENSOS AGROPECUARIOS	12
1.5 UNA SIMPLIFICACIÓN FUNDAMENTAL: LABOR, PASTOS Y OTROS USOS.....	14
1.6 LOS PÁRAMOS UTILIZADOS COMO PASTOS NATURALES PARA EL PASTOREO.....	15
CAPÍTULO 2	23
ANÁLISIS POLICROMÁTICO DE DATOS (APC).....	23
2.1 INTRODUCCIÓN.....	23
2.2 LOS COLORES CANÓNICOS ASOCIADOS A DATOS CON TRES VARIABLES.....	25
2.3 EL ANÁLISIS POLICROMÁTICO DE DATOS (APC) Y EL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP).	28
CAPÍTULO 3	31
CLASIFICACIÓN DE DATOS PORCENTUALES MEDIANTE CARACTERÍSTICAS MATEMÁTICAS DE ORDEN	31
3.1 INTRODUCCIÓN.....	31
3.2 LA CLASIFICACIÓN DE PORCENTAJE PREDOMINANTE SIMPLE (PARTICIÓN PS).....	32
3.3 LA CLASIFICACIÓN DE PORCENTAJES PREDOMINANTES (PARTICIÓN PB).....	35

3.4 LA CLASIFICACIÓN PIRAMIDAL (PARTICIÓN PT)	36
3.5 EL CASO PARTICULAR DE DATOS PORCENTUALES CON TRES VARIABLES.....	38
3.6 UN NUEVO SISTEMA DE COORDENADAS EN EL CONJUNTO QUE CONTIENE LOS DATOS.....	49
CAPÍTULO 4.....	51
COMPARACIÓN DE PARTICIONES CORRESPONDIENTES A DOS CLASIFICACIONES DE UN CONJUNTO DE INDIVIDUOS.....	51
4.1 INTRODUCCIÓN.....	51
4.2 ÍNDICES O PORCENTAJES DE SIMILITUD Y DISIMILITUD ENTRE DOS PARTICIONES DE UN CONJUNTO.....	51
CAPÍTULO 5.....	58
ANÁLISIS DE LOS DATOS EN EL ÁMBITO NACIONAL, SOBRE EL USO DEL SUELO, SEGÚN LOS TRES CENSOS AGROPECUARIOS	58
5.1 INTRODUCCIÓN.....	58
5.2 LOS DATOS NACIONALES, DE USO DEL SUELO, EN LOS TRES CENSOS AGROPECUARIOS	58
5.3 DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS NACIONALES EN CADA CENSO AGROPECUARIO.....	59
5.4 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS DATOS NACIONALES DE USO DEL SUELO.....	60
5.5 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS DATOS NACIONALES RESUMIDOS DE USO DEL SUELO	64
5.6 LOS COLORES CANÓNICOS DE LOS DATOS NACIONALES	66
5.7 CLASIFICACIÓN NACIONAL MEDIANTE CARACTERÍSTICAS MATEMÁTICAS DE ORDEN	68
5.8 REPRESENTACIÓN DE LOS DATOS NACIONALES, EN EL PLANO, CON EL NUEVO SISTEMA DE COORDENADAS	69
5.9 CLASIFICACIÓN NACIONAL CRUZADA POR LAS TRES VARIABLES ..	72
5.10 ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIAS EN EL ÁMBITO NACIONAL.....	75
5.11 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS NACIONAL DEL USO DEL SUELO ..	77
CAPÍTULO 6.....	81
ANÁLISIS DE LOS DATOS EN EL ÁMBITO PROVINCIAL, SOBRE EL USO DEL SUELO, SEGÚN LOS TRES CENSOS AGROPECUARIOS	81
6.1 INTRODUCCIÓN.....	81
6.2 LOS DATOS PROVINCIALES RESUMIDOS, DE USO DEL SUELO, EN LOS TRES CENSOS AGROPECUARIOS	81
6.3 DESCRIPCIÓN DE ALGUNOS DATOS PROVINCIALES, DE SUPERFICIES Y PORCENTAJES, SOBRE EL USO DEL SUELO	84

6.4	LOS COLORES CANÓNICOS DE LOS DATOS PROVINCIALES.....	90
6.5	CLASIFICACIÓN PROVINCIAL MEDIANTE CARACTERÍSTICAS MATEMÁTICAS DE ORDEN	97
6.6	ÍNDICES O PORCENTAJES DE SIMILITUD ENTRE LAS PARTICIONES PROVINCIALES DE LOS DOS ÚLTIMOS CENSOS.....	113
6.7	CLASIFICACIÓN JERÁRQUICA, ANÁLISIS DE CONGLOMERADOS DE LOS DATOS PORCENTUALES EN EL ÁMBITO PROVINCIAL	116
6.8	ANÁLISIS EN COMPONENTES PRINCIPALES (ACP) DE LOS DATOS PORCENTUALES EN EL ÁMBITO PROVINCIAL.....	126
6.9	CLASIFICACIÓN PROVINCIAL CRUZADA POR LAS TRES VARIABLES	139
6.10	ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIAS EN EL ÁMBITO PROVINCIAL.....	145
6.11	DISTANCIAS ENTRE LOS CENSOS AGROPECUARIOS, CONSIDERANDO LAS TRES CATEGORÍAS FUNDAMENTALES DE USO DEL SUELO, EN EL ÁMBITO PROVINCIAL	146
6.12	CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS PROVINCIAL DEL USO DEL SUELO	150
CAPÍTULO 7.....		160
ANÁLISIS DE LOS DATOS EN EL ÁMBITO CANTONAL, SOBRE EL USO DEL SUELO, SEGÚN LOS TRES CENSOS AGROPECUARIOS		160
7.1	INTRODUCCIÓN.....	160
7.2	LOS DATOS CANTONALES RESUMIDOS, DE USO DEL SUELO, EN LOS TRES CENSOS AGROPECUARIOS.....	160
7.3	DESCRIPCIÓN DE ALGUNOS DATOS CANTONALES, DE SUPERFICIES Y PORCENTAJES, SOBRE EL USO DEL SUELO	163
7.4	LOS COLORES CANÓNICOS DE LOS DATOS CANTONALES	169
7.5	CLASIFICACIÓN CANTONAL MEDIANTE CARACTERÍSTICAS MATEMÁTICAS DE ORDEN	174
7.6	CLASIFICACIÓN JERÁRQUICA, ANÁLISIS DE CONGLOMERADOS DE LOS DATOS PORCENTUALES EN EL ÁMBITO CANTONAL.....	201
7.7	ANÁLISIS EN COMPONENTES PRINCIPALES (ACP) DE LOS DATOS PORCENTUALES EN EL ÁMBITO CANTONAL	211
7.8	CLASIFICACIÓN CANTONAL CRUZADA POR LAS TRES VARIABLES.	226
7.9	ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIAS EN EL ÁMBITO CANTONAL	237
7.10	DISTANCIAS ENTRE LOS CENSOS AGROPECUARIOS, CONSIDERANDO LAS TRES CATEGORÍAS FUNDAMENTALES DE USO DEL SUELO, EN EL ÁMBITO CANTONAL	239
7.11	CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS CANTONAL DEL USO DEL SUELO	245

CAPÍTULO 8.....	267
EL ANÁLISIS POLICROMÁTICO DE LOS DATOS PROVINCIALES AMPLIADOS DE USO DEL SUELO, Y DE TENENCIA DE LA TIERRA	267
8.1 INTRODUCCIÓN.....	267
8.2 LOS DATOS DE USO DEL SUELO, CON LAS SEIS CATEGORÍAS COMPARABLES, EN LOS TRES CENSOS AGROPECUARIOS	268
8.3 LA CLASIFICACIÓN PT DE LOS DATOS PROVINCIALES CON LAS SEIS CATEGORÍAS DE USO DEL SUELO.....	270
8.4 ANÁLISIS POLICROMÁTICO DE LOS DATOS PROVINCIALES CON LAS SEIS CATEGORÍAS DE USO DEL SUELO	275
8.5 ANÁLISIS POLICROMÁTICO DE LOS DATOS PROVINCIALES DE TENENCIA DE LA TIERRA	282
8.6 DISTANCIAS ENTRE LOS CENSOS AGROPECUARIOS, CONSIDERANDO LAS SEIS CATEGORÍAS DE USO DEL SUELO, EN EL ÁMBITO PROVINCIAL	293
8.7 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS PROVINCIAL, CONSIDERANDO LAS SEIS CATEGORÍAS DE USO DEL SUELO	295
CAPÍTULO 9	298
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	298
ANEXO 1 RESULTADOS DE ALGUNOS ANÁLISIS EN EL AMBITO PROVINCIAL.....	300
ANEXO 2 DATOS CANTONALES.....	307
ANEXO 3 RESULTADOS DE ALGUNOS ANÁLISIS EN EL ÁMBITO CANTONAL.....	322
ANEXO 4 ALGUNOS GRÁFICOS.....	334
ANEXO 5 ALGUNOS PROGRAMAS EN SAS PARA EFECTUAR LOS ANÁLISIS.....	339

LISTADO DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1.1 Comparación de la densidad superficial de vacunos; considerando áreas de pastos (CA1); y agregando áreas de páramos (CA2)	18
GRÁFICO 1.2 Comparación de la densidad superficial cantonal de vacunos; considerando áreas de pastos (CA1); y agregando áreas de páramos (CA2).....	21
GRÁFICO 3.1 Representación del conjunto A, que contiene todos los datos posibles	40
GRÁFICO 3.2 Partición PS del conjunto A, considerando la norma euclidiana...	40
GRÁFICO 3.3 Partición PB del conjunto A, considerando la norma euclidiana...	45
GRÁFICO 3.4 Partición PB del conjunto A, considerando la norma $p=1$	45
GRÁFICO 3.5 Partición PT del conjunto A, considerando el valor de $h=0$	48
GRÁFICO 3.6 Partición PT del conjunto A, considerando $0 < h \leq 0,05$	48
GRÁFICO 5.1 Diagrama circular de porcentajes de uso de la tierra bajo UPAs, según las seis categorías del tercer censo nacional agropecuario (año 2000)....	61
GRÁFICO 5.2 Diagrama circular de porcentajes de uso de la tierra bajo UPAs, según las seis categorías del segundo censo nacional agropecuario (año 1974).	61
GRÁFICO 5.3 Diagrama circular de porcentajes de uso de la tierra bajo UPAs, según las seis categorías del primer censo agropecuario (año 1954).....	61
GRÁFICO 5.4 Superficie (en miles de Km ²) en las seis categorías de uso del suelo, según los tres censos agropecuarios, a nivel nacional.....	63
GRÁFICO 5.5 Superficie (en Km ²) por categorías fundamentales de uso del suelo, a nivel nacional, según los tres censos agropecuarios.....	63
GRÁFICO 5.6 Colores canónicos asociados a los datos nacionales de uso del suelo.....	67
GRÁFICO 5.7 Representación de los datos nacionales de uso del suelo; en los tres censos agropecuarios; en el nuevo sistema de coordenadas.....	71
GRÁFICO 5.8 Representación de la partición cruzada; de los datos nacionales de uso del suelo; con los tres censos agropecuarios.....	74
GRÁFICO 5.9 Representación del análisis de correspondencias, a nivel nacional.....	76
GRÁFICO 6.1 Superficies por categorías fundamentales de uso del suelo, en la provincia de Pastaza, según el año censal.....	86
GRÁFICO 6.2 Superficies por categorías fundamentales de uso del suelo, en la provincia de Azuay, según el año censal.....	86
GRÁFICO 6.3 Superficies por categorías fundamentales de uso del suelo, en la provincia de Loja, según el año censal... ..	86
GRÁFICO 6.4 Superficies por categorías fundamentales de uso del suelo, en la provincia de Cañar, según el año censal.....	87
GRÁFICO 6.5 Superficies por categorías fundamentales de uso del suelo, en la provincia de Esmeraldas, según el año censal.....	87
GRÁFICO 6.6 Superficies por categorías fundamentales de uso del suelo, en la provincia de El Oro, según el año censal.....	87
GRÁFICO 6.7 Colores canónicos asociados a los datos provinciales de uso del suelo, en el tercer censo agropecuario.....	91
GRÁFICO 6.8 Colores canónicos asociados a los datos provinciales de uso del suelo, en el segundo censo agropecuario.....	93

GRÁFICO 6.9 Colores canónicos asociados a los datos provinciales de uso del suelo, en el primer censo agropecuario.....	94
GRÁFICO 6.10 Colores canónicos asociados a los datos provinciales de uso del suelo, en los tres censos agropecuarios.....	95
GRÁFICO 6.11 Colores correspondientes a los grupos de la partición PB, en el tercer censo agropecuario.....	99
GRÁFICO 6.12 Colores correspondientes a los grupos de la partición PB, en el segundo censo agropecuario.....	103
GRÁFICO 6.13 Colores correspondientes a los grupos de la partición PB, en el primer censo agropecuario.....	107
GRÁFICO 6.14 Colores correspondientes a los grupos de la clasificación K-medias, en el tercer censo nacional agropecuario.....	122
GRÁFICO 6.15 Colores correspondientes a los grupos de la clasificación K-medias, en el segundo censo nacional agropecuario.....	124
GRÁFICO 6.16 Colores correspondientes a los grupos de la clasificación K-medias, en el primer censo agropecuario.....	127
GRÁFICO 6.17 Representación en el plano principal de los datos; provinciales de uso del suelo; del tercer censo nacional agropecuario.....	130
GRÁFICO 6.18 Representación de las provincias del tercer censo agropecuario (año 2000); en el nuevo sistema de coordenadas.....	133
GRÁFICO 6.19 Representación de las provincias del segundo censo agropecuario (año 1974); en el nuevo sistema de coordenadas.....	134
GRÁFICO 6.20 Representación de las provincias del primer censo agropecuario (año 1954); en el nuevo sistema de coordenadas.....	136
GRÁFICO 6.21 Representación de algunos datos provinciales de uso del suelo; en los tres censos agropecuarios; con el nuevo sistema de coordenadas.....	138
GRÁFICO 6.22 Representación de la partición cruzada; con los datos provinciales de uso del suelo; del tercer censo nacional agropecuario.....	141
GRÁFICO 6.23 Representación de la partición cruzada; con los datos provinciales de uso del suelo; del segundo censo nacional agropecuario.....	142
GRÁFICO 6.24 Representación de la partición cruzada; con los datos provinciales de uso del suelo; del primer censo agropecuario.....	144
GRÁFICO 6.25 Representación del análisis de correspondencias a nivel provincial.....	147
GRÁFICO 6.26 Representación de los demás datos provinciales de uso del suelo; en los tres censos agropecuarios; con el nuevo sistema de coordenadas.....	154
GRÁFICO 7.1 Superficies por categorías de uso del suelo según años censales, en el cantón Saraguro (Ja).....	165
GRÁFICO 7.2 Superficies por categorías de uso del suelo según años censales, en el cantón Manta (M7).....	165
GRÁFICO 7.3 Superficies por categorías de uso del suelo según años censales, en el cantón Sigsig (A9).....	165
GRÁFICO 7.4 Superficies por categorías de uso del suelo según años censales, en el cantón Cuenca (A1).....	165
GRÁFICO 7.5 Superficies por categorías de uso del suelo según años censales, en el cantón Chunchi (H5).....	165
GRÁFICO 7.6 Superficies por categorías de uso del suelo según años censales, en el cantón Santiago de Pillaro (T8).....	165

GRÁFICO 7.7 Superficies por categorías de uso del suelo según años censales, en el cantón Pangua (X3).....	166
GRÁFICO 7.8 Superficies por categorías de uso del suelo según años censales, en el cantón Santa Elena (Yh).....	166
GRÁFICO 7.9 Superficies por categorías de uso del suelo según años censales, en el cantón Paján (M0).....	166
GRÁFICO 7.10 Superficies por categorías de uso del suelo según años censales, en el cantón Cotacachi (F3).....	166
GRÁFICO 7.11 Superficies por categorías de uso del suelo según años censales, en el cantón Ventanas (L7).....	166
GRÁFICO 7.12 Superficies por categorías de uso del suelo según años censales, en el cantón Puebloviejo (L4).....	166
GRÁFICO 7.13 Superficies por categorías de uso del suelo según años censales, en el cantón Guamate (H6).....	167
GRÁFICO 7.14 Superficies por categorías de uso del suelo según años censales, en el cantón Urdaneta (L6).....	167
GRÁFICO 7.15 Superficies por categorías de uso del suelo según años censales, en el cantón Salcedo (X5).....	167
GRÁFICO 7.16 Superficies por categorías de uso del suelo según años censales, en el cantón Veintecuatro de mayo (Mf).....	167
GRÁFICO 7.17 Superficies por categorías de uso del suelo según años censales, en el cantón Cayambe (P2).....	167
GRÁFICO 7.18 Superficies por categorías de uso del suelo según años censales, en el cantón Baba (L2).....	167
GRÁFICO 7.19 Colores canónicos asociados a los datos cantonales de uso del suelo, en el tercer censo agropecuario.....	171
GRÁFICO 7.20 Colores canónicos asociados a los datos cantonales de uso del suelo, en el segundo censo agropecuario.....	172
GRÁFICO 7.21 Colores canónicos asociados a los datos cantonales de uso del suelo, en el primer censo agropecuario	173
GRÁFICO 7.22 Colores correspondientes a los grupos de la partición PT, en el tercer censo agropecuario.....	181
GRÁFICO 7.23 Colores correspondientes a los grupos de la partición PT, en el segundo censo agropecuario	183
GRÁFICO 7.24 Colores correspondientes a los grupos de la partición PT, en el primer censo agropecuario	187
GRÁFICO 7.25 Colores correspondientes a los grupos de la clasificación K-medias cantonal, en el tercer censo nacional agropecuario	206
GRÁFICO 7.26 Colores correspondientes a los grupos de la clasificación K-medias cantonal, en el segundo censo nacional agropecuario.....	208
GRÁFICO 7.27 Colores correspondientes a los grupos de la clasificación K-medias cantonal, en el primer censo agropecuario.....	210
GRÁFICO 7.28 Representación de los cantones; del tercer censo nacional agropecuario en el plano principal.....	215
GRÁFICO 7.29 Representación de los cantones del tercer censo agropecuario (año 2000); en el nuevo sistema de coordenadas.....	220
GRÁFICO 7.30 Representación de los cantones del segundo censo agropecuario (año1974); en el nuevo sistema de coordenadas.....	221

GRÁFICO 7.31 Representación de los cantones del primer censo agropecuario (año 1954); en el nuevo sistema de coordenadas.....	223
GRÁFICO 7.32 Representación de algunos datos cantonales de uso del suelo; en los tres censos agropecuarios; con el nuevo sistema de coordenadas	225
GRÁFICO 7.33 Representación de la partición cruzada; con los datos del tercer censo agropecuario; en los cantones de 1954.....	229
GRÁFICO 7.34 Representación de la partición cruzada; con los datos del segundo censo agropecuario; en los cantones de 1954.....	232
GRÁFICO 7.35 Representación de la partición cruzada; con los datos del primer censo agropecuario; del año 1954.....	235
GRÁFICO 7.36 Representación del análisis de correspondencias, a nivel cantonal	238
GRÁFICO 7.37 Representación de otros datos cantonales de uso del suelo; en los tres censos agropecuarios; con el nuevo sistema de coordenadas.....	259
GRÁFICO 7.38 Representación en el nuevo sistema de coordenadas; de los cantones que más han variado en el uso del suelo; entre el segundo y el tercer censo agropecuario; manteniendo sus fronteras.....	261
GRÁFICO 7.39 Colores canónicos correspondientes a los datos cantonales de los tres censos agropecuarios, en los cantones del año 1954 para la sierra y costa, y del año 1974 para el oriente.....	264
GRÁFICO 8.1 Colores correspondientes al análisis policromático AP con los datos ampliados de uso del suelo, en los tres censos agropecuarios.....	280
GRÁFICO 8.2 Número de UPAs (en miles) por formas de tenencia de la tierra, según los tres censos agropecuarios, en el país y en algunas provincias.....	288
GRÁFICO 8.3 Colores correspondientes al análisis policromático de los datos de tenencia de la tierra, en los tres censos agropecuarios.....	291

LISTADO DE CUADROS

CUADRO 1.1 Datos provinciales sobre superficies (ha.) de pastos, cultivados y naturales, y de páramos; y número de cabezas de ganado vacuno, en el año 2000.....	16
CUADRO 5.1 Datos nacionales sobre superficies en hectáreas (ha.) por categorías de uso del suelo, según los censos agropecuarios.....	58
CUADRO 5.2 Datos nacionales sobre porcentajes por categorías de uso del suelo, según los censos agropecuarios.....	59
CUADRO 5.3 Datos nacionales sobre superficies (ha.), y sus respectivos porcentajes, por categorías fundamentales de uso del suelo, según los censos agropecuarios.....	64
CUADRO 5.4 Datos nacionales sobre porcentajes por categorías de uso del suelo, y sus colores canónicos asociados, según los tres censos agropecuarios	66
CUADRO 5.5 Datos nacionales y adicionales sobre porcentajes por categorías de uso del suelo, y sus coordenadas en el nuevo sistema de referencia.....	71
CUADRO 5.6 Resumen de la clasificación PB y PT, que corresponde a los datos nacionales de uso del suelo, en los tres censos agropecuarios.....	79
CUADRO 5.7 Resumen de la clasificación cruzada, que corresponde a los datos nacionales de uso del suelo, en los tres censos agropecuarios.....	79
CUADRO 6.1 Datos provinciales compendiados sobre uso del suelo, según el tercer censo nacional agropecuario, del año 2000.....	82
CUADRO 6.2 Datos provinciales compendiados sobre uso del suelo, según el segundo censo nacional agropecuario, del año 1974.....	83
CUADRO 6.3 Datos provinciales compendiados sobre uso del suelo, según el primer censo agropecuario, del año 1954.....	84
CUADRO 6.4 Porcentajes provinciales compendiados sobre uso del suelo, según el tercer censo nacional agropecuario, del año 2000.....	88
CUADRO 6.5 Porcentajes provinciales compendiados sobre uso del suelo, según el segundo censo nacional agropecuario, del año 1974.....	89
CUADRO 6.6 Porcentajes provinciales compendiados sobre uso del suelo, según el primer censo agropecuario, del año 1954.....	89
CUADRO 6.7 Clasificación usando similitud de colores canónicos asociados a los datos provinciales resumidos de uso del suelo, en los tres censos agropecuarios.....	96
CUADRO 6.8 Comparación entre las técnicas de clasificación jerárquica y las particiones PB y PT correspondientes al tercer censo nacional agropecuario.....	118
CUADRO 6.9 Resultados del análisis en componentes principales, en el ámbito provincial, de los datos correspondientes al tercer censo agropecuario del año 2000.....	128
CUADRO 6.10 Coeficientes de la combinación lineal, para determinar las dos primeras componentes principales, en el ámbito provincial del año 2000.....	129
CUADRO 6.11 Las dos primeras componentes principales para cada provincia, sobre el uso del suelo en el tercer censo agropecuario del año 2000.....	129
CUADRO 6.12 Las coordenadas de las provincias (individuos) en el año 2000 en el nuevo sistema de coordenada.....	131

CUADRO 6.13 Las coordenadas de las provincias (individuos) en el año 1974 en el nuevo sistema de coordenadas	132
CUADRO 6.14 Las coordenadas de las provincias (individuos) en el año 1954 en el nuevo sistema de coordenadas.....	135
CUADRO 6.15 Distancias provinciales entre los censos agropecuarios: $D_{s,t}$, $D_{p,s}$, $D_{p,t}$; y valor de la medida D , de cambio de uso del suelo, para cada provincia.....	148
CUADRO 6.16 Resumen de la clasificación provincial PB y PT, considerando los tres censos agropecuarios.....	151
CUADRO 6.17 Resumen de la clasificación provincial cruzada, considerando los tres censos agropecuarios.....	152
CUADRO 6.18 Porcentajes de similitud entre las particiones provinciales, en los censos adyacentes.....	156
CUADRO 6.19 Distancias euclidianas a la provincia promedio Q , en los tres censos agropecuarios.....	157
CUADRO 7.1 Datos compendiados sobre uso del suelo, en los cantones estables, según el tercer censo nacional agropecuario del año 2000.....	161
CUADRO 7.2 Datos compendiados sobre uso del suelo, en los cantones estables, según el segundo censo nacional agropecuario del año 1974.....	161
CUADRO 7.3 Datos compendiados sobre uso del suelo, en los cantones estables, según el primer censo agropecuario del año 1954.....	162
CUADRO 7.4 Comparación entre las técnicas de clasificación jerárquica y las de clasificación mediante características matemáticas, de los datos cantorales.....	202
CUADRO 7.5 Resultados del análisis en componentes principales, en el ámbito cantonal, de los datos correspondientes al tercer censo agropecuario del año 2000.....	212
CUADRO 7.6 Coeficientes de la combinación lineal, para determinar las dos primeras componentes principales, en el ámbito cantonal del año 2000.....	212
CUADRO 7.7 Las dos primeras componentes principales para cada cantón, sobre el uso del suelo en el tercer censo agropecuario del año 2000.....	213
CUADRO 7.8 Las coordenadas de las cantones (individuos) en el año 2000 en el nuevo sistema de coordenadas.....	216
CUADRO 7.9 Las coordenadas de las cantones (individuos) en el año 1974 en el nuevo sistema de coordenadas.....	218
CUADRO 7.10 Las coordenadas de las cantones (individuos) en el año 1974 en el nuevo sistema de coordenadas.....	222
CUADRO 7.11 Distancias cantonales entre los censos agropecuarios: D_{st} , D_{ps} , D_{pt} ; y valor de la medida D , de cambio de uso del suelo, para cada cantón de 1954.....	240
CUADRO 7.12 Resumen de la clasificación cantonal PB y PT, considerando los tres censos agropecuarios	246
CUADRO 7.13 Resumen de la clasificación cantonal cruzada, considerando los tres censos agropecuarios.....	252
CUADRO 7.14 Porcentajes de similitud entre las particiones cantorales, en los censos adyacentes.....	262
CUADRO 8.1 Datos de uso del suelo, correspondientes al año 2000, en las seis categorías.....	268

CUADRO 8.2 Datos de uso del suelo, correspondientes al año 1974, en las seis categorías	269
CUADRO 8.3 Datos de uso del suelo, correspondientes al año 1954, en las seis categorías	270
CUADRO 8.4 Clasificación piramidal PT de los datos ampliados de uso del suelo, en los tres censos agropecuarios.....	270
CUADRO 8.5 Resultados del análisis policromático, de los datos ampliados de uso del suelo, en los tres censos agropecuario.....	276
CUADRO 8.6 Clasificación utilizando la similitud de los colores asociados a los datos provinciales ampliados de uso del suelo, en los tres censos agropecuarios.....	278
CUADRO 8.7 Clasificación K-medias, de los datos ampliados de uso del suelo, en los tres censos agropecuarios.....	281
CUADRO 8.8 Número de UPAs por cada categoría de tenencia de la tierra, en los tres censos agropecuarios, en el ámbito provincial	285
CUADRO 8.9 Resultados del análisis policromático, de los datos de tenencia de la tierra, en los tres censos agropecuarios.....	289
CUADRO 8.10 Distancias provinciales entre los censos agropecuarios: $D_{s,t}$, $D_{p,s}$, $D_{p,t}$; y valor de la medida de cambio D para cada provincia, considerando las seis categorías de uso del suelo	292

RESUMEN

Este trabajo es parte de la Estadística Descriptiva, o Análisis Exploratorio de Datos Multivariante, que tiene como finalidad descubrir las características de un conjunto de datos, por medio de diagramas y representaciones gráficas.

En esta tesis se proponen algunas técnicas de clasificación de datos porcentuales, utilizando características matemáticas de orden, y un método para analizar datos mediante colores que están asociados a ellos, método que en este proyecto se lo ha denominado Análisis Policromático de Datos (APC).

En este trabajo se aplican también algunos métodos estadísticos multivariantes para el análisis de datos, tales como el Análisis de Conglomerados, el Análisis en Componentes Principales y el Análisis de Correspondencias.

Todas estas técnicas y métodos se utilizan para describir, clasificar y comparar los datos sobre el uso del suelo, en el ámbito nacional, provincial y cantonal, según la información determinada en los tres censos agropecuarios realizados en el Ecuador en los años 1954, 1974 y 2000.

PRESENTACIÓN

A pesar de que en el país se ha invertido gran cantidad de recursos en la ejecución de los tres censos agropecuarios, y se cuenta con mucha información incluso a nivel cantonal, no se han realizado estudios que analicen, describan, expliquen y comparen los datos estructurales del sector agropecuario, y en particular los que corresponden al uso del suelo en los ámbitos provincial y cantonal, a lo mucho se han estudiado someramente los datos a nivel nacional; este trabajo llena parte de este vacío, pues analiza la información del uso de la tierra, proporcionada por los censos realizados en el país, que es una de las características más importantes de la estructura del sector agropecuario, que es sin duda uno de los más importantes en el país por su aporte al Producto Interno Bruto.

En este proyecto de investigación se aplican diversos métodos de la Estadística Multivariante, y se proponen nuevas técnicas para analizar y clasificar datos, comprobando que son útiles en el análisis de la información sobre el uso de la tierra, según los tres censos agropecuarios, en los ámbitos nacional, provincial y cantonal, y sirven para describir sus características y realizar comparaciones que determinen lo que ha ocurrido en la estructura del sector agropecuario, con relación al uso de la tierra, así como también para establecer en que individuos (provincias o cantones) se han producido las mayores variaciones.

En diversos estudios con datos geográficos se presentan mapas en los que se pretende por medio de colores describir ciertas características de los individuos estudiados; en este proyecto se propone un método para que los colores utilizados no se elijan de acuerdo simplemente al buen criterio de la persona que analiza los datos, sino que estén relacionados con los individuos por medio de una función sencilla, y que tenga buenas propiedades, como la de conservar las distancias entre individuos (salvo por un factor constante que se podría asociar a un cambio de la unidad de medida).

Para ilustrar el método propuesto, que se lo ha denominado Análisis Policromático de Datos, se realiza la descripción, comparación y clasificación de los datos porcentuales de uso del suelo, donde los individuos son provincias o cantones del país, y el análisis de los datos provinciales de Unidades de Producción Agropecurias (UPAs) por formas de tenencia de la tierra, para aplicar también el método a datos absolutos (que no son porcentuales), logrando describir fielmente los datos mediante los colores, y cumpliendo así con el objetivo más importante de la Estadística Descriptiva, que por medio de una representación gráfica en un mapa se pueda describir la información de variables e individuos, contenida en diversos cuadros de datos.

El trabajo desarrollado en esta tesis ha requerido un amplio proceso de consulta, especialmente en cuanto se refiere a la obtención de los datos cantorales de los tres censos efectuados en el Ecuador, en los años 1954, 1974 y 2000.

Desde el punto de vista teórico habría sido suficiente llegar al análisis a nivel provincial, sin embargo representó un reto realizar el estudio también en el ámbito cantonal, por cuanto se incrementa considerablemente el número de individuos en el análisis, con el inconveniente o problema adicional de que la mayoría de cantones no coinciden durante los tres censos agropecuarios, puesto que durante los períodos intercensales se han ido creando nuevos cantones fragmentando los territorios de los cantones originales o iniciales; lograr esta aspiración llevó mucho tiempo, y como se puede notar contribuye exageradamente a la cantidad de páginas de este ejemplar, sin embargo considero que si no lo hubiera realizado estaría incompleto desde el punto de vista práctico, y me habría sentido inconforme; espero que este esfuerzo sea apreciado por su utilidad para las personas que se interesan en este tema.

Cabe destacar que los métodos utilizados, incluyendo los que han sido propuestos en este proyecto, se pueden aplicar en general a otro tipo de datos en estudios de diversa índole.

CAPÍTULO 1

MARCO CONCEPTUAL

1.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo tiene como objetivo presentar los antecedentes relevantes sobre la realización de los tres censos agropecuarios en el Ecuador (en los años 1954, 1974 y 2000), y exponer los conceptos relacionados con el uso del suelo (o utilización de la tierra) y la clasificación correspondiente, en cada uno de los censos, así como también exhibir el nombre de las variables que se van a utilizar en este trabajo y explicar una reducción de variables que permitirá comparar la información proporcionada por los tres censos.

Es importante recordar que un censo es una investigación estadística cuyo objetivo es obtener información específica de cada una de las unidades de información de la población o universo de estudio. Por consiguiente un censo agropecuario es un censo cuyo objetivo es obtener información específica del sector agropecuario, por medio de la realización de una encuesta a cada una de las unidades de producción o explotaciones agropecuarias.

Según la FAO, en su Programa de Censo Agropecuario Mundial 2000:

- “Un censo agropecuario es una operación en gran escala que se realiza periódicamente para reunir información cuantitativa sobre la estructura del sector agropecuario”.
- “Aunque el término “censo” implica la enumeración completa de todas las explotaciones agropecuarias, por extensión esta operación puede consistir en una encuesta por muestreo, siempre y cuando la muestra sea suficientemente grande para generar datos subnacionales”.¹

¹ FAO. *Programa del Censo Agropecuario 2000*. Colección FAO: Desarrollo Estadístico No. 5. Pag. vi. Roma-Italia, 1996.

En la práctica, una Explotación o Unidad de Producción Agropecuaria (UPA) es toda finca, hacienda, quinta, granja o predio que está dedicado total o parcialmente a la producción agropecuaria, conformado por uno o varios terrenos que comparten los mismos medios de producción, bajo una gerencia única, ejercida por la persona productora, quien decide, organiza y dirige las actividades de producción.

Por producción agropecuaria, se considera generalmente, el desarrollo de alguna de las siguientes actividades:

- El cultivo de productos agropecuarios destinados a la alimentación humana y/o animal, o utilizados como materias primas para la industria u otros usos;
- La cría de determinadas especies de ganado, de acuerdo con los objetivos de la encuesta agropecuaria, por ejemplo, ganado: vacuno, porcino, ovino, caprino, caballar, asnal y mular; llamas, alpacas, conejos, cuyes, aves de corral, etc.
- El cultivo de flores (se incluyó en el tercer censo nacional agropecuario del año 2000, debido a la importancia alcanzada por esta actividad en los últimos años).

1.2 ANTECEDENTES

En el Ecuador se han realizado tres censos agropecuarios en los años 1954, 1974 y 2000; y además se han efectuado encuestas agropecuarias, por muestreo aleatorio (o probabilístico), durante algunos años, a finales de la década de los ochenta e iniciales de los noventa.

Es importante mencionar que las encuestas por muestreo probabilístico se basan en el estudio de una muestra representativa de la población, construida científicamente mediante métodos probabilísticos de muestreo y estimación, que permiten calcular la precisión estadística de las estimaciones realizadas.

Lo recomendado es ejecutar censos cada diez años para establecer las variables estructurales o fundamentales, que poseen mayor estabilidad en el tiempo, como las que se refieren a los datos de tenencia y uso de la tierra, y realizar encuestas anuales intercensales para determinar las variables inestables y fluctuantes, que son susceptibles de cambios de un año a otro, como por ejemplo las que corresponden a la producción agropecuaria.

La finalidad es obtener información sobre el sector agropecuario, es decir determinar ciertas características de las fincas, granjas, haciendas o predios, que como ya se ha expresado se denominan Unidades de Producción Agropecuarias (UPAs).

Los censos tienen como finalidad principal proporcionar información estadística actualizada, objetiva y confiable que permita conocer las variables estructurales del sector agropecuario; y las encuestas tienen el objetivo de determinar las variables que son dinámicas; sin embargo si las encuestas no tienen la continuidad deseada, en los censos se investigan también variables no estructurales; y a su vez si los censos no se ejecutan con la regularidad recomendada, las encuestas pretenden suplir la falta de información y entonces tratan de determinar algunas de las variables estructurales; y esto es lo que usualmente ha acontecido en nuestro país.

En un censo agropecuario, los objetivos fundamentales se pueden resumir en los siguientes:

- Proporcionar cifras totales acumulativas para los datos agropecuarios fundamentales, que sirvan de cotas de referencia para estimaciones intercensales.
- Proporcionar datos en el ámbito geográfico administrativo subnacional, es decir regional, provincial y cantonal, detallando los atributos estructurales de las Unidades de Producción Agropecuarias.
- Proporcionar información agropecuaria fundamental que refleje las características estructurales del sector agropecuario, es decir, obtener

datos acumulativos y clasificaciones sobre número y tamaños de la UPAs, tenencia y utilización de la tierra, superficies por cultivos, cantidad de ganado, población y empleo, maquinaria, equipos e instalaciones agropecuarias.

- Establecer un Marco de Muestreo para otras encuestas agropecuarias.

Se entiende por Marco de Muestreo el conjunto de todas las unidades de las que se seleccionarán las muestras, llamadas unidades de muestreo (de conteo o de enumeración). Las unidades de muestreo pueden coincidir o no con las unidades de información de la encuesta, que como dijimos son las Unidades de Producción Agropecuarias (UPAs).

El Marco de Muestreo de Lista (MML) consiste en un directorio de las unidades de información, es decir una lista de Unidades de Producción Agropecuarias con sus direcciones y características principales; y el Marco de Muestreo de Áreas (MMA) está constituido por segmentos que son pedazos o extensiones de tierra compactas, que cubren toda el área de estudio sin traslaparse.

El Primer Censo Agropecuario de 1954, se realizó mediante una encuesta por muestreo aleatorio, con un Marco de Muestreo de Lista (MML), la primera actividad de campo fue la de conformar el “DIRECTORIO DE PRODUCTORES” con sus características básicas, para hacer la estratificación previa a la selección de la muestra, suficientemente grande como para generar datos provinciales y cantonales.

En 1974 se realizó en efecto un censo, es decir se realizó la entrevista en todas las Unidades de Producción Agropecuarias.

En el año 2000 se realizó una encuesta por muestreo, usando básicamente dos marcos de muestreo, uno de lista y uno de áreas.

El Censo Nacional Agropecuario del año 2000, es una encuesta por muestreo aleatorio (o probabilístico), que se considera como un censo, según las

consideraciones de la FAO, debido a que la muestra es lo suficientemente grande para generar datos subnacionales (provinciales y cantonales).

Entre las variables estructurales agropecuarias más importantes se encuentran las que corresponden al uso del suelo (o utilización de la tierra), las mismas que han sido investigadas en los tres censos agropecuarios.

El uso de suelo es el estado en que se encuentran las tierras de una Unidad de Producción Agropecuaria, es decir como se utilizan los terrenos de la UPA.

En general, en todo el mundo, una superficie de tierra del planeta se encuentra con cultivos, con pastos, con árboles o arbustos, con vegetación natural o simplemente son áreas improductivas desde el punto de vista agropecuario, por estar ocupadas por viviendas en centros poblados, o por el contrario ser zonas desérticas, o superficies que se encuentran a gran altura, que no sirven para actividades de producción agropecuaria.

1.3 DEFINICIONES BÁSICAS, SOBRE USO DEL SUELO, EN LOS TRES CENSOS AGROPECUARIOS

El Uso del Suelo corresponde al estado bajo el cual se encuentra la tierra, de la Unidad de Producción Agropecuaria (UPA), en el día de la entrevista; este estado se clasifica en diversas categorías, a continuación se presentará la clasificación considerada en cada uno de los tres censos agropecuarios, de los años 2000, 1974 y 1954; en las definiciones que se citarán literalmente, se incluyen solamente entre paréntesis las denominaciones de las variables que se utilizan en este trabajo. Cabe señalar que en la publicación de los resultados del tercer censo nacional agropecuario, las dos formas de uso del suelo correspondientes a: Cultivos Transitorios y Barbecho, están agregadas y consideradas en una sola categoría (su superficie, por ejemplo, se asociará a la variable denominada SBCULTR00, donde la terminación 00 hace referencia al año 2000 del tercer censo agropecuario).

1.3.1 CLASIFICACIÓN DEL USO DEL SUELO EN EL CENSO DEL AÑO 2000

En el censo agropecuario del año 2000, el uso del suelo se clasifica en nueve categorías; por su importancia en este trabajo se transcriben a continuación sus definiciones, presentadas en el capítulo 1 de las publicaciones de los resultados nacionales, provinciales y cantonales, y explicadas también en el capítulo 3 del manual del encuestador.²

1.- CULTIVOS PERMANENTES O PERENNES (SCULPER00)

Son cultivos de productos agrícolas que se destinan a la alimentación humana y/o animal o para materias primas industriales y otros usos. Son cultivos que se plantan y después de un tiempo relativamente largo llegan a la edad productiva. Tienen un prolongado período de producción que permite cosechas durante varios años, sin necesidad de ser sembrados o plantados después de cada cosecha.

Ejemplos de estos cultivos son: café, cacao, banano, árboles y arbustos frutales; vid y otras plantas trepadoras; caña de azúcar, espárragos, frutillas, piñas, maracuyá; flores, como las rosas y jazmines; viveros de cultivos permanentes (tierras con plantas jóvenes para ser transplantadas), excepto los de árboles forestales, que corresponden a "Montes y Bosques".

2.- CULTIVOS TRANSITORIOS Y BARBECHO (SBCULTR00)

A) Cultivos transitorios o de ciclo corto.

Son cultivos de productos agrícolas que se destinan a la alimentación humana y/o animal o para materias primas industriales y otros usos. Son cultivos cuyo ciclo vegetativo o de crecimiento es generalmente menor a un año, llegando incluso a ser de unos pocos meses. Además tienen como característica fundamental que después de la cosecha, las plantas se destruyen, por lo que para seguir produciendo es necesario volver a sembrar o plantar el producto.

Son ejemplos de estos cultivos: arroz, trigo, cebada, papa, maíz, col, algodón, etc.

Se incluyen en esta categoría los cultivos que permanecen en el terreno más de un año y que al ser cosechados se destruyen las plantas. Son ejemplos de estos cultivos la yuca, la zanahoria blanca.

² Tercer Censo Nacional Agropecuario, *Resultados Nacionales y Provinciales*, Proyecto SICA-Banco Mundial, Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Quito-Ecuador, 2002.

B) Tierras en barbecho o rastrojo.

Son las tierras que, en el día de la entrevista, se encuentran sin cultivos (en reposo), siempre que el período de permanencia en este estado, calculado hasta el día de la entrevista, sea menor a un año. Se incluyen en esta categoría las tierras con las siguientes características:

- Sin cultivos, pero que han sido cosechadas por última vez como máximo, un año antes del día de la entrevista;
- Sin cultivos y que fueron sembradas para ser cosechadas durante el año censal, pero que no se cosecharon, debido a que por diferentes motivos la siembra se perdió antes de la cosecha;
- Sin cultivos y que fueron preparadas para sembrar cultivos a cosecharse durante el año censal, pero que no fueron sembradas por diversas causas;
- Que se encuentran preparadas o en proceso de preparación para ser sembradas con cultivos transitorios, permanentes, pastos o bosques.

3.- TIERRAS EN DESCANSO (SDESCAN00).

Son aquellas tierras que habiendo sido cultivadas anteriormente, se las dejó de cultivar en forma continua durante un período comprendido de uno y cinco años hasta el día de la entrevista. Esto significa que en esa tierra no se levantó ninguna cosecha ni tampoco se realizó preparación para una siembra durante el referido periodo.

Además del límite de tiempo indicado, para que una tierra sea considerada en descanso, se debe tener presente que se pueda volver a cultivar mediante labores normales conocidas en cada región del país. Es posible que después de los cinco años o antes, la tierra adquiera ciertas características que determinen su clasificación en otros usos, tales como pastos, montes o bosques.

4.- PASTOS CULTIVADOS (SPASCUL00).

Son los pastos sembrados que rebrotan después de haber sido cortados o usados para pastoreo. Se destinan, prácticamente en su totalidad, para alimento del ganado. Ejemplos de pastos cultivados son la alfalfa, rye grass, saboya, etc.

5.- PASTOS NATURALES (SPASNAT00)

Son los pastos que se han establecido y desarrollado de modo natural o espontáneo, con la intervención de los agentes naturales (agua, viento, etc.). Es una especie forrajera excesivamente invasora, persistente y resistente, por lo cual es difícil erradicarla y se prefiere usarla para pastoreo

del ganado. Si en el pasto natural, han crecido árboles o arbustos, se lo clasifica como pasto, siempre que éste constituya el aprovechamiento principal.

6.- PÁRAMOS (SPARAMO00)

Son las tierras altas del callejón interandino cubiertas por la vegetación típica de los páramos andinos (paja de páramo) que suele usarse para pastoreo extensivo, especialmente de ganado vacuno, ovino, llamas y alpacas.

7.- SUPERFICIE CON MONTES Y BOSQUES (SMONBOS00).

Es toda vegetación arbustiva o boscosa natural o plantada, que puede tener valor por su leña, madera u otros productos forestales, o por razones de orden ecológico.

8.- OTROS USOS DE LA TIERRA (SOTRTIE00)

Son las categorías en que se encuentra o aprovecha la tierra, que no han sido clasificadas en los grupos anteriores. Por ejemplo, tierras improductivas o tierras erosionadas y de otra naturaleza. Se consideran en esta categoría las tierras con piscinas camaroneras, las tierras ocupadas por construcciones, caminos, canales, instalaciones, etc.

1.3.2 CLASIFICACIÓN DEL USO DEL SUELO EN EL CENSO DEL AÑO 1974

En el censo del año de 1974 las categorías se denominan “Clases de Aprovechamiento de la Tierra”, la clasificación considera nueve categorías, algunas coinciden con las del año 2000, sus definiciones se encuentran en la publicación de los resultados nacionales definitivos, y a continuación se transcriben textualmente.³

1.- TIERRAS DEDICADAS A CULTIVOS TRANSITORIOS (SBCULTR74)

Se incluye en esta clase a todas las tierras que se aprovechan para cultivos, cuyo ciclo vegetativo o de crecimiento es de menos de un año, a veces sólo de unos meses y que tienen que ser nuevamente sembradas o plantadas después de la cosecha de cada uno de ellos. Son ejemplos de estos cultivos: los cereales (arroz, maíz, trigo, cebada), la papa, la col, el algodón, etc.

³ Segundo Censo Agropecuario 1974, *Resumen Nacional, Resultados Definitivos*, Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). Quito-Ecuador, 1979.

Se incluyen también en esta clase a los siguientes cultivos:

- (a) Las plantas forrajeras que son cultivadas para alimentación del ganado y que no tienen capacidad de volver a brotar una vez que son cortadas o cosechadas, por lo cual hay que volver a sembrarlas. Se pueden utilizar ya sea en estado verde o fresco y también como heno o ensilaje. Tales son los casos de la avena forrajera, el maíz forrajero, la vicia, etc.
- (b) Los cultivos que permanecen en el terreno más de un año (bianuales o plurianuales) y que al ser cosechadas se destruyen las plantas o carecen de valor como raíces, tal es el caso de la yuca.
- (c) Además se incluyen en esta clase, las tierras en “barbecho”, o sea:
 - Las que se encuentran sin cultivos durante el mes de agosto, pero que han sido cosechadas al menos una vez desde enero hasta julio del año censal.
 - Las que han sido sembradas para ser cosechadas en 1974 y que no lo fueron debido a algunas circunstancias, por ejemplo: pérdidas de cosechas por inundaciones, sequías, heladas, etc.
 - Las que fueron preparadas para cultivos a cosecharse en 1974, pero no fueron sembradas por causas imprevistas.
 - Las que en el mes de agosto se encuentran en proceso de preparación para ser posteriormente sembradas con cultivos transitorios, para ser cosechados hasta diciembre de 1974, y
 - Las que han sido sembradas para ser cosechadas en 1975, pero que han sido cosechadas o se perdió un cultivo al menos una vez desde enero hasta julio del año censal.

2.- TIERRAS CON PASTOS CULTIVADOS DE MENOS DE CINCO AÑOS (SPASME574)

Los pastos sembrados (de 5 años o menos) para pastoreo o que rebrotan después de cortados y que se utilizan para alimento del ganado tanto en estado verde o fresco, como ensilado o henificado, por ejemplo: alfalfa. Estos pastos son aquellos que han sido sembrados durante el año 1970 o después.

3.- TIERRAS EN DESCANSO (SDESCAN74)

Son tierras que habiendo sido anteriormente cultivadas, se han dejado descansar en forma continua por un período comprendido entre uno y cinco años antes de volver a ser plantadas o sembradas. Este lapso se aplica a todas las regiones del país. Además de este límite de tiempo, para que un terreno se le considere como “tierra en descanso”, se debe tener presente que pueda ser puesto nuevamente en cultivo mediante labores normales conocidas en cada región del país. El plazo de un año en descanso significa que no se ha efectuado cultivo alguno en esa tierra para ser cosechada en 1974.

Pasado el límite de tiempo antes indicado, o sea los cinco años, la tierra que ha permanecido en descanso adquiere ciertas características que determinan su inclusión en alguno de los demás grupos o clases de aprovechamiento de la tierra, tales como: “pastos naturales”, en el caso de que sea posible utilizarla para pastoreo; “montes y bosques” en el caso de que crezcan en ella árboles que pueden utilizarse para madera, leña, etc.; “tierra no utilizadas pero potencialmente productivas”, como el caso de los “rastrojales” en la Costa, o “todas otras clases de tierras”, si se convirtiera en un erial, etc.

Desde luego, debe tenerse presente que las tierras en descanso pueden también adquirir estas características en el transcurso de los 5 años. Si una tierra que está en descanso se utiliza temporalmente para el pastoreo del ganado, debe clasificarse en el grupo de “tierras en descanso”, si esta tierra está destinada principalmente a cultivos transitorios.

4.- TIERRAS DEDICADAS A CULTIVOS PERMANENTES (SCULPER74)

Son tierras ocupadas por cultivos que tienen carácter de bienes raíces por su prolongado período de producción y que producen cosechas por varios años, sin necesidad de ser sembrados o plantados después de cada cosecha. Son ejemplos de estos cultivos: el cacao, el café, los árboles y arbustos frutales, el banano, la vid y otras plantas trepadoras. Se excluyen de esta clase, los árboles para leña y madera, así como las tierras dedicadas a pastos cultivados de más de 5 años y pastos naturales. Se incluyen los viveros, excepto los de árboles forestales que figuran en “montes y bosques”.

Las tierras ocupadas con cultivos permanentes que se encuentren o no en edad productiva y que están asociados con cultivos transitorios, se clasifican en este grupo, o sea, como tierras con cultivos permanentes.

5.- TIERRAS CON PASTOS CULTIVADOS DE MÁS DE 5 AÑOS (SPASMA574)

En esta clase se incluyen las tierras que están ocupadas por pastos sembrados y que se utilizan de modo permanente por un período mayor de cinco años para el pastoreo del ganado, o sea que fueron sembrados durante 1969 o antes. Estos pastos pueden también ser cortados para dar al ganado en estado verde o como heno o ensilaje.

También se incluyen en este grupo los pastos naturales que reciben algunas labores de cultivo y mantenimiento, tales como: control de malezas, riego, fertilización, cerramientos, etc., sin considerar el número de años que permanecen en el terreno.

6.- TIERRAS CON PASTOS NATURALES (SPASNAT74)

Son tierras que se encuentran cubiertas con pastos que se han establecido de un modo natural o espontáneo y que no reciben ninguna labor cultural. Estos pastos corresponden a especies forrajeras excesivamente invasoras, persistentes y resistentes, por lo cual es difícil erradicarlas y se prefiere usarlas para pastoreo de ganado. Si en estos terrenos han crecido árboles o arbustos, se les incluye en esta clase de “pastos naturales”, siempre que los pastos constituyan el aprovechamiento principal de estas tierras.

7.- TIERRAS CON PÁRAMOS (SPARAMO74)

Son tierras altas de callejón interandino que están cubiertas con la vegetación típica de los “Páramos Andinos” (paja de páramo) y que son utilizadas principalmente para pastoreo extensivo de ganado vacuno, ovino, caprino y caballar.

8.- TIERRAS CON MONTES Y BOSQUES (SMONBOS74)

Comprenden todos los terrenos cubiertos por arboleda natural o plantada que forman parte de una Unidad de Producción Agropecuaria (UPA) y que tengan o puedan tener valor por su leña, madera u otros productos forestales o para fines de protección o conservación del suelo. Los viveros de árboles forestales deben también incluirse en esta clase.

9.- OTRAS TIERRAS (SOTRTIE74)

Esta clase se constituye por las tierras no incluidas en las clases anteriores, está integrada por los siguientes dos grupos:

- a) Tierras no utilizadas pero potencialmente productivas: en este grupo se incluyen las tierras no cultivadas que forman parte de la Unidad de Producción Agropecuaria (UPA), no incluidas en las clases anteriores, pero que producen ya algunos vegetales aprovechables, como por ejemplo: frutos y plantas silvestres y las tierras que podrían ponerse en producción o bajo cultivo con esfuerzo un poco mayor relativamente del que requieren las labores agrícolas comunes o corrientes. Un ejemplo de esta clase de tierras son los “rastrosales” que existen en la Costa.
- b) Toda otra clase de tierras: en este grupo se incluyen todas las tierras que, constituyendo parte de la Unidad de Producción Agropecuaria (UPA) están ocupadas por edificios, parques y jardines ornamentales, caminos, esteros, lagos, lagunas, desiertos, eriales, así como cualquier otra clase de tierras no incluidas en las clases anteriores y que no son adecuadas para la agricultura ni para la ganadería.

1.3.3 CLASIFICACIÓN DEL USO DEL SUELO EN EL CENSO DEL AÑO 1954

En el censo del año de 1954 se consideraron siete categorías, algunas coinciden con las descritas en los otros dos censos, lastimosamente no se encuentran sus definiciones en la respectiva publicación, sin embargo deben ser muy similares a las ya presentadas, a continuación se presentan las siete clases o categorías del uso del suelo que se establecieron.⁴

- 1.- Cultivos transitorios (SCULTRA54)
- 2.- Pastos artificiales (o cultivados, SPASCUL54)
- 3.- Barbecho y/o descanso (SBARDES54)
- 4.- Cultivos permanentes (SCULPER54)
- 5.- Pastos naturales (SPASNAT54)
- 6.- Bosques y montes (SMONBOS54)
- 7.- Malezas, estériles improductivas (u otras tierras, SOTRTIE54)

1.4 LAS SEIS CATEGORÍAS DE USO DEL SUELO COMUNES EN LOS TRES CENSOS AGROPECUARIOS

Si se examinan las variables correspondientes al uso del suelo en los tres censos agropecuarios (con ocho categorías en el tercer censo, nueve en el segundo y siete en el primero) con sus respectivas definiciones, se observa que prácticamente no hay diferencias en cuanto a los cultivos permanentes, a los pastos cultivados, a los montes y bosques, y a otras tierras improductivas. Sin embargo, se puede advertir que en el segundo y tercer censo el área con barbecho se agrega a la superficie con cultivos transitorios, pero en el primer censo se encuentra adicionada con la superficie en descanso, entonces es conveniente sumar estas categorías y considerar una sola variable.

Además los páramos se consideran separadamente de los pastos naturales en el segundo y tercer censo, lastimosamente no se cuenta con la definición de pastos naturales en el primer censo. Sin embargo, si se observa el dato correspondiente a la superficie de pastos naturales en el año 1954, esa área sería una cantidad

⁴ PRIMER CENSO AGROPECUARIO NACIONAL – 1954, *Resultados Nacionales y Provinciales*, Banco Central del Ecuador, Ministerio de Economía, Banco Nacional de Fomento. Quito-Ecuador, 1959.

exageradamente grande si no estarían considerados los páramos; por esta razón se debe asumir que, en el primer censo agropecuario, los pastos naturales involucran a todas las tierras usadas para el pastoreo extensivo de ganado, es decir contiene la superficie de páramos; y por consiguiente para poder comparar la información de los tres censos con las mismas variables, es conveniente agregar los páramos a los pastos naturales y considerar una sola variable en los dos últimos censos, del año 1974 y del 2000.

Por tanto conviene considerar, como máximo, seis variables comunes que hacen posible la comparación de la información de los tres censos, estas son:

1.- Superficie con cultivos permanentes (SCULPER**):

SCULPER00; SCULPER74; SCULPER54 .

2.- Superficie con cultivos transitorios, o barbecho, o en descanso (SBCULTRD**):

SBCULTRD00=SBCULTR00+SDESCAN00;

SBCULTRD74=SBCULTR74+SDESCAN74;

SBCULTRD54=SBCULTR54+SBARDES54.

3.- Superficie con pastos cultivados (SPASCUL**):

SPASCUL00; SPASCUL74=SPASME574+SPASMA574; SPASCUL54.

4.- Superficie con pastos naturales, o paramos (SPASNATP**):

SPASNATP00=SPASNAT00+SPARAMO00;

SPASNATP74= SPASNAT74+SPARAMO74;

SPASNATP54= SPASNAT54.

5.- Superficie con montes y bosques (SMONBOS**):

SMONBOS00; SMONBOS74; SMONBOS54.

6.- Superficie con otras tierras no incluidas en las anteriores (SOTRTIE**):

SOTRTIE00; SOTRTIE74; SOTRTIE54.

Las dos primeras variables se relacionan con lo que se denomina labor agrícola, la tercera y cuarta, correspondientes a pastos, se relacionan con la labor pecuaria de pastoreo de ganado, y las dos últimas se relacionan con otros usos del suelo y tierras no incluidas en las categorías anteriores, esto permitirá una simplificación esencial para el análisis y comparación de los datos censales.

1.5 UNA SIMPLIFICACIÓN FUNDAMENTAL: LABOR, PASTOS Y OTROS USOS.

Para poder comparar la información proporcionada por los tres censos agropecuarios, y principalmente para simplificar el estudio sobre el uso del suelo, se deben compendiar los datos correspondientes, considerando solamente las tres categorías de uso de suelo fundamentales:

Labor (SLABOR**): corresponde a la suma de las áreas con cultivos permanentes, cultivos transitorios, tierras en barbecho y en descanso; por consiguiente está estrechamente relacionada con la actividad agrícola.

Pastos (SPASTOS**): se refiere al total de las superficies bajo pastos cultivados, naturales y con páramos, puesto que también se utilizan para el pastoreo del ganado, por consiguiente está relacionada con la actividad ganadera (o pecuaria).

Otros Usos (SOTROSU**): se consideran los demás usos, es decir las áreas con montes, bosques, malezas, tierras no utilizadas, estériles e improductivas y toda otra clase de superficie bajo otros usos diferentes a las actividades agropecuarias (agrícolas y ganaderas).

El resumir la información sobre el uso del suelo, reduciendo el número de datos, a estas tres variables en cada censo: SLABOR** , SPASTOS** , SOTROSU** , en total entonces nueve variables: SLABOR00, SPASTOS00, SOTROSU00, para el año 2000; SLABOR74, SPASTOS74, SOTROSU74, en el año 1974; SLABOR54,

SPASTOS54, SOTROSU54, del año 1954, nos permitirá comparar el uso del suelo en los tres censos agropecuarios.

Para sintetizar la información es lógico agregar las áreas correspondientes a los cultivos permanentes, los cultivos transitorios, con el barbecho y las tierras en descanso, considerándolas como superficies de labor agrícola.

También resulta coherente agregar las dos categorías de pastos, los cultivados y los naturales, en una sola, pero parece un poco forzado el sumar a los pastos las superficies con páramos, sin embargo esto sería recomendado si se justifica que los páramos se utilizan para el pastoreo de ganado (fundamentalmente vacuno) como se podría suponer si se conoce algo del medio agropecuario.

En efecto la única utilidad agropecuaria posible de los páramos es el pastoreo de ganado; y por ley, si los páramos en una Unidad de Producción Agropecuaria (UPA) no se utilizan pasan a ser propiedad del estado; por ello forzosamente la persona productora destina los páramos para pastorear el ganado, para reforzar esta afirmación en el siguiente párrafo se compara la carga o densidad animal considerando o no las superficies correspondientes a los páramos bajo responsabilidad de la UPAs.

1.6 LOS PÁRAMOS UTILIZADOS COMO PASTOS NATURALES PARA EL PASTOREO

Parece razonable incorporar las áreas de páramos a las superficies de pastos naturales si se compara la densidad o carga animal, es decir el número de cabezas de ganado vacuno por hectárea, determinada primero considerando solamente las superficies de pastos cultivados y naturales, resultados que se muestran en la columna CA1 en el siguiente cuadro 1.1, y luego la carga animal calculada con las superficies agregadas de pastos cultivados y naturales más las áreas de páramos, resultados que se expresan en la columna CA2.

CUADRO 1.1

Datos provinciales sobre superficies (ha.) de pastos, cultivados y naturales, y de páramos; y número de cabezas de ganado vacuno, en el año 2000.

PROVINCIA	PRV	SPASTCUL00	SPASTNAT00	SPARAMO00	NCABGANV00	CA1	CA2
AZUAY	A	72.799	179.544	76.905	341.801	1,35	1,04
BOLIVAR	B	110.961	61.562	16.488	196.523	1,14	1,04
CAÑAR	C	41.506	46.856	32.205	139.772	1,58	1,16
CARCHI	R	40.295	31.217	15.095	93.784	1,31	1,08
COTOPAXI	X	77.128	63.905	71.873	193.129	1,37	0,91
CHIMBORAZO	H	54.052	53.613	157.383	246.789	2,29	0,93
EL ORO	O	228.797	16.008	781	162.466	0,66	0,66
ESMERALDAS	E	257.417	5.734	0	219.384	0,83	0,83
GUAYAS	Y	195.309	135.425	0	344.798	1,04	1,04
IMBABURA	F	43.420	42.953	24.787	105.057	1,22	0,95
LOJA	J	140.582	324.081	29.346	361.454	0,78	0,73
LOS RIOS	L	70.077	31.638	0	117.801	1,16	1,16
MANABI	M	811.892	24.072	0	783.592	0,94	0,94
MORONA SANTIAGO	U	368.684	3.539	3.035	229.204	0,62	0,61
NAPO	N	67.572	9.909	42.312	50.984	0,66	0,43
PASTAZA	V	64.379	512	0	26.819	0,41	0,41
PICHINCHA	P	359.386	62.066	67.793	444.574	1,05	0,91
TUNGURAHUA	T	31.523	23.158	61.609	151.259	2,77	1,30
ZAMORA CHINCHIPE	Z	174.746	6.804	0	130.677	0,72	0,72
GALÁPAGOS	G	11.697	2.459	0	11.104	0,78	0,78
SUCUMBIOS	S	56.468	2.951	649	49.592	0,83	0,83
ORELLANA	W	35.722	979	0	35.942	0,98	0,98
ZONAS NO ASIGNADAS	D	42.746	710	0	49.516	1,14	1,14

Para las once provincias que prácticamente no tienen páramos, la carga animal varía desde 0,41 cabezas por hectárea (en Pastaza) hasta 1,16 cabezas por hectárea (en Los Ríos), y un promedio aproximado de 0,9 cabezas por hectárea.

Las otras doce provincias que si tienen áreas de páramos, poseen una carga que varía desde 0,62 cabezas por hectárea (en Morona Santiago) hasta 2,77 (en Tungurahua) si no se toman en cuenta los páramos, y un promedio de 1,34 cabezas por hectárea, valores que son muy diferentes a los determinados en las provincias que no tienen páramos. En cambio la carga animal va desde 0,43 cabezas por hectárea (en Napo) hasta 1,30 (en Tungurahua), con un promedio aproximado de 0,9 cabezas por hectárea, si se considera la unión de las áreas de pastos con páramos, valores que se asemejan en mucho a las cargas calculadas en las provincias que no tienen páramos.

Para describir la información de la carga animal considerando únicamente los pastos (CA1), y agregando los páramos (CA2), en el gráfico 1.1 de la siguiente página, se presentan dos diagramas de caja, correspondientes a las variables CA1 y CA2, que sintetizan lo expresado en el párrafo anterior.

Se observa entonces que al considerar los páramos junto con los pastos se tienen dos notables ventajas: ya no existen los dos valores atípicos, que corresponden a las provincias de Chimborazo y Tungurahua, y disminuye considerablemente la dispersión de la carga animal, lo que indica que es conveniente agregar la superficie de los páramos al área de los pastos cultivados y naturales.

Para evidenciar que las áreas de tierra con páramos (bajo UPAs) se usan para el pastoreo de ganado vacuno, y analizar más detenidamente la relación entre la cantidad de ganado vacuno y las tierras designadas para su pastoreo, a continuación se realiza una regresión lineal múltiple, considerando la variable de número de cabezas de ganado vacuno como la variable explicada, y las variables correspondientes a las superficies de pastos cultivados, pastos naturales y páramos como variables explicativas.

Entonces, para efectuar la regresión, se deben considerar los datos provinciales del tercer censo nacional agropecuario, del año 2000, sobre el número de vacunos, y las superficies (en hectáreas) de los pastos y de los páramos, que se presentaron anteriormente en el cuadro 1.1.

Realizada la regresión, con las 23 observaciones provinciales del tercer censo nacional agropecuario del año 2000, considerando las tres variables explicativas (las dos de pastos con la de páramos: SPASTCUL00, SPASTNAT00, SPARAMO00) se obtienen los siguientes resultados relevantes.

$$\text{NCABGANV} = -4.385,5 + 0,881 \cdot \text{SPASTCUL} + 0,845 \cdot \text{SPASTNAT} + 1,123 \cdot \text{SPARAMO}$$

(error típico) (14.750,6) (0,0529) (0,1284) (0,2501)

$$R^2 = 0,9469 ; F = 112,94$$

Ref. Gráfico 1.1

Por tanto son significativas las tres variables consideradas en el análisis, y si se observan los resultados detallados de esta regresión, que se presentan en el cuadro 1 del anexo 1, se puede afirmar que el ajuste, en el ámbito provincial, es bastante bueno.

La hipótesis de que el término independiente es nulo es aceptable, de hecho sin superficies de pastoreo el número de cabezas de ganado vacuno debe ser cero; los otros coeficientes de la regresión son cercanos a 0,88 que es la carga animal en el país al incluir los páramos, considerando el nivel nacional. Además el coeficiente que corresponde a la superficie de paramos (SPARAMO) es el más alto de la regresión lineal (1,1230) y explica que por cada hectárea de páramo en una Unidad de Producción Agropecuaria (UPA) hay prácticamente una cabeza de ganado vacuno (mejor dicho por cada Km^2 de páramo existen aproximadamente 112 vacunos, por cada Km^2 de pastos cultivados hay alrededor de 88 vacunos, y por cada Km^2 de pastos naturales existen entre 84 y 85 vacunos, al analizar el ámbito provincial).

Si se consideran los datos cantonales, del tercer censo nacional agropecuario, del año 2000, que se presentan en el cuadro 1 del anexo 2.

Para los ciento cuarenta y tres (143) cantones que prácticamente no tienen páramos, la carga animal varía desde 0,39 cabezas por hectárea hasta 3,1 cabezas por hectárea, y un promedio aproximado de una (1) cabeza por hectárea. Los otros setenta y cinco (75) cantones que si tienen áreas de páramos, poseen una carga que varía desde 0,49 hasta 3,61 cabezas por hectárea, si no se toman en cuenta los páramos, con un promedio aproximado de 1,7; y una carga que va desde 0,27 hasta 3,22 cabezas por hectárea, y un promedio de alrededor de 1,15, si se consideran los páramos, valores que se asemejan a las cargas de los cantones que no tienen páramos.

Para describir la información de la carga animal, considerando únicamente los pastos (CA1), y agregando los páramos (CA2), en el ámbito cantonal, en el gráfico

1.2 de la siguiente página, se presentan dos diagramas de caja, correspondientes a las variables CA1 y CA2, que sintetizan lo expresado en el párrafo anterior.

Se observa entonces que al considerar los páramos junto con los pastos se tienen dos notables ventajas: disminuye la cantidad de valores atípicos, y se reduce considerablemente la dispersión de la carga animal, lo que indica que es conveniente agregar la superficie de los páramos al área de los pastos cultivados y naturales.

En efecto, de un total de dieciocho cantones atípicos: Colta, Riobamba, San Pedro de Pelileo, Santiago de Pillaro, Salcedo, Deleg, Quevedo, Cevallos, Guano, Ambato, Otavalo, Antonio Ante, Tisaleo, Daule, Mocha, Urbina Jado, Quero, El Tambo, luego de incluir los páramos solo quedan nueve cantones que se salen fuera de la línea: San Pedro de Pelileo, Deleg, Quevedo, Cevallos, Otavalo, Antonio Ante, Daule, Urbina Jado, El Tambo; de hecho ya no serían atípicos los dos valores más grandes de CA1, que corresponden a los cantones de Colta y Riobamba en la provincia de Chimborazo.

Realizada la regresión, con las 218 observaciones cantonales del tercer censo agropecuario del año 2000, considerando las tres variables explicativas (SPASTCUL, SPASTNAT, SPARAMO) se obtienen los siguientes resultados fundamentales.

$$\text{NCABGANV} = 486,6 + 0,8551 * \text{SPASTCUL} + 0,8994 * \text{SPASTNAT} + 0,8213 * \text{SPARAMO}$$

(error típico) (728,3) (0,0233) (0,0654) (0,0838)

$$R^2 = 0,8940 ; F = 601,71$$

Por tanto las tres variables consideradas en el análisis son significativas, y si se examinan los resultados detallados de esta regresión, que se presentan en el cuadro 1 del anexo 3, se puede afirmar que el ajuste, en el ámbito cantonal, es bastante bueno.

Ref. Gráfico 1.2

En el ámbito cantonal también la hipótesis de que el término independiente es nulo es aceptable, es decir el número de cabezas de ganado vacuno debe ser cero si no existen áreas para el pastoreo, los otros coeficientes de la regresión son cercanos a 0,88 que es la carga animal en el país al incluir los páramos, considerando el nivel nacional; y sus significados son: que por cada Km^2 de pastos cultivados hay entre 85 y 86 vacunos, y por cada Km^2 de pastos naturales existen alrededor de 90 vacunos, por cada Km^2 de páramo existen aproximadamente 82 vacunos, al analizar el ámbito cantonal.

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS POLICROMÁTICO DE DATOS (APC)

2.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo tiene como objetivo presentar un nuevo método de la estadística descriptiva, que pretende describir a los individuos con información multidimensional utilizando colores asociados linealmente a los datos, de modo que si los individuos son regiones geográficas, se los puede representar en un mapa coloreado en el cual están expresados los datos, y por tanto se puede visualizar los individuos similares o semejantes.

El estudio científico de los colores es parte de la Óptica, que es una de las ramas de la Física que estudia los fenómenos luminosos y el diseño de instrumentos ópticos.

El color es una sensación visual producida por los rayos luminosos en los cuerpos; depende de la luz iluminante, de las propiedades de los objetos, y de la fisiología del ojo humano.

El color es un fenómeno físico que está asociado con el espectro visible de la luz solar. El espectro de una radiación electromagnética es su separación en las distintas longitudes de onda que la conforman. En particular el espectro de la luz solar está formado por sus componentes monocromáticas, que van desde 390 nm = 3900 Å (violeta extremo) hasta 780 nm = 7800 Å (rojo extremo).

Por ejemplo el color anaranjado (o naranja), segundo color en el espectro de la luz solar, ubicado entre el rojo (primero) y el amarillo (tercero), tiene una longitud de onda entre 595 nm (5950 Å) y 620 nm (6200 Å).

La sensación de color se puede conseguir también con mezclas de colores, de manera que puede obtenerse cualquier color combinando adecuadamente tres

colores determinados, por ejemplo rojo, verde y azul (u otros tres colores siempre que ninguno de ellos sea la mezcla de los otros dos).

Los métodos para la especificación del color son parte de la especialidad denominada colorimetría, y consisten en medidas científicas precisas que se basan en las longitudes de onda de los colores primarios.

Si se mezclan luces con estos colores primarios con intensidades iguales se produce la sensación de luz blanca. También existen parejas de colores que al mezclarse producen la luz blanca, estas duplas se llaman colores complementarios.

Los colores complementarios a los colores primarios son el magenta (que absorbe al verde), el amarillo (que absorbe al azul, y el cian (que absorbe al rojo) se llaman colores sustractivos primarios, y se utilizan como colores básicos en las imprentas, para las impresiones a color, por ser colores traslúcidos (nítidos y transparentes) con los que se obtiene generalmente un mayor resplandor y por tanto una mejor presentación.

Este trabajo se basa en la representación más importante de los colores, realizada por Maxwell, que consiste en situar los tres colores primarios rojo, verde y azul en los vértices de un triángulo, y en los puntos de su interior los colores que son mezcla aditiva de los colores primarios.

En los programas usuales (software) para diseño gráfico, del sistema Windows, los colores primarios mencionados se combinan en una escala que va desde cero (0) hasta doscientos cincuenta y cinco (255), y por tanto se obtienen aproximadamente 16,8 millones de colores; en este trabajo se utiliza, para representar los mapas, básicamente el Paint que es un accesorio desarrollado en el sistema Windows en el año 1995.

Por consiguiente se va a trabajar en el triángulo de vértices: $V=\text{verde}=(255;0;0)$, $R=\text{rojo}=(0;255;0)$, y $A=\text{azul}=(0;0;255)$, que está contenido en el plano de

ecuación: $x+y+z=255$; es decir un color se produce como una combinación lineal convexa de los vértices: $pV+qR+rA=(p255;q255;r255)$ donde: $p+q+r=1$. Las coordenadas: p , q y r (que se encuentran entre cero y uno) se denominan componentes tricromáticas unitarias.

Mayor información se puede obtener en libros de Física, que traten sobre óptica u ondas electromagnéticas, por ejemplo en [1] (Alonso y Finn) o incluso en las enciclopedias multimedios como la Salvat, la Británica, o la Encarta de Microsoft Corporation.

2.2 LOS COLORES CANÓNICOS ASOCIADOS A DATOS CON TRES VARIABLES

El análisis propuesto comienza considerando el caso más simple, que se relaciona con el uso del suelo, al considerar las tres categorías resumidas, donde el conjunto de individuos pertenece al triángulo equilátero de vértices $(1;0;0)$, $(0;1;0)$ y $(0;0;1)$ que es parte del plano de ecuación: $x+y+z=1$ en el espacio vectorial R^3 .

La idea se obtiene de los gráficos de pastel o de barras: el color que va a representar a un individuo (provincia o cantón) va a ser el que se consigue, por así decir, al mezclar las cantidades de verde, rojo y azul del respectivo pastel, o de las barras del histograma correspondiente al individuo (provincia o cantón).

Se aprovecha que estos colores: verde, rojo y azul son los colores primarios o básicos que utilizan los programas informáticos (software) de diseño gráfico, en el sentido de que todos los demás colores se obtienen al mezclar esos tres en las proporciones o cantidades correspondientes.

Cabe señalar que no es la única selección posible de colores básicos, la común o usual en las impresiones a color es la elección de los colores: amarillo, cian (celeste) y magenta (rojo carmesí), con los cuales también al mezclarlos se

obtienen todos los colores. Algunos programas como el Corel PHOTO-PAINT, de la corporación Corel, da la posibilidad de trabajar con las dos sistemas básicos.

En este trabajo, como se va a apreciar en los párrafos posteriores, incluso en los diagramas circulares y de barras, el color verde estará relacionado con la categoría de uso del suelo correspondiente a Labor; el color rojo estará asociado con la categoría de los Pastos, y el color azul estará relacionado con la categoría que corresponde a los Otros Usos.

Para los colores básicos mencionados, verde, rojo y azul, en el software usual, la escala de la cantidad que se va a combinar de cada uno de estos tres colores va desde 0 hasta 255.

Entonces, para representar los datos, correspondientes a los individuos, mediante colores, bastaría encontrar una función biyectiva, preferiblemente afín o lineal, restringida al subconjunto A de $[0;1]^3$ (en el plano cuya suma de componentes es igual a 1), en el subconjunto de los colores: Verde x Rojo x Azul = $[0;255]^3$ (con la propiedad de que la suma de las componentes sea igual a 255).

Una función que cumple con esta finalidad, que se podría denominar canónica, es la función lineal G, que corresponde a una homotecia de constante igual a 255, es decir definida por:

$$G : A \subset [0;1] \times [0;1] \times [0;1] \xrightarrow{\quad} [0;255] \times [0;255] \times [0;255]$$

$$(p_1, p_2, p_3) \xrightarrow{\quad} G(p_1, p_2, p_3) = 255(p_1, p_2, p_3)$$

En resumen, se considera simplemente la función: $G(p_1, p_2, p_3) = 255(p_1, p_2, p_3) = (255p_1, 255p_2, 255p_3) = (\text{verde}, \text{rojo}, \text{azul})$, de esta manera cada dato individual (provincia o cantón) se representa por medio de un color (canónico), y a cada color, cuyas componentes suman 255, le corresponde un solo elemento de A. Evidentemente, para determinar el color, se deben redondear las componentes de los resultados de la función, con la finalidad de obtener números enteros.

Por ejemplo para el individuo $(p_1, p_2, p_3) = (0,3854; 0,2515; 0,3631)$ el color canónico correspondiente es: $G(0,3854; 0,2515; 0,3631) = (98; 64; 93) =$ (verde, rojo, azul).

Se podría afirmar que si la escala de los colores no fuera desde 0 hasta 255, sino de 0 a 1 (es decir de 0% a 100%) la función G sería la identidad, es decir los datos serían simplemente colores.

Si se supone que se tienen tres variables cualesquiera, es decir que no necesariamente sumen uno para cada individuo, también se puede encontrar una función afín, que puede interpretarse como un cambio de escala en la medida de las variables, que a cada individuo le asocie un color, que realice primero una traslación, de manera que las nuevas variables sean positivas, y al valor mínimo le corresponda el cero.

Si se denominan (X,Y,Z) las tres variables arbitrarias consideradas, entonces la aplicación afín que puede servir corresponde a una composición de una traslación con una homotecia, definida por: $G(x,y,z) = (255/M) (x - \min X, y - \min Y, z - \min Z) =$ (verde , rojo , azul) , donde $M = \text{Max} \{ \text{rg}(X), \text{rg}(Y), \text{rg}(Z) \} = \text{Max} \{ \max X - \min X, \max Y - \min Y, \max Z - \min Z \}$.

La ventaja de considerar esta función es que prácticamente mantiene la distancia entre los individuos, salvo por una constante (que puede interpretarse como un cambio de escala en la medida de las variables).

Por tanto si el conjunto A , de los datos, consta de n individuos con tan solo tres variables (X,Y,Z) , es decir $A = \{ (x_i, y_i, z_i) : i = 1,2,\dots,n \}$ es subconjunto de \mathbb{R}^3 , se puede encontrar una función afín de A en el conjunto de los colores $[0;255]^3$, que se la determina como una composición de una traslación y una homotecia, con mayor precisión basta considerar la función: $G(x_i, y_i, z_i) = \lambda(x_i - x_{\min}, y_i - y_{\min}, z_i - z_{\min}) = \lambda(u_i, v_i, w_i)$, con: $\lambda = 255/M$ (donde M es el máximo de los rangos de las variables).

Las constantes de la función dependen de los valores de los datos, esto podría causar ciertos inconvenientes cuando se requiere aumentar el número de individuos, pero si se conoce los rangos de variación de las variables, es decir el intervalo teórico $[a_1, b_1]$ que contiene a todos los valores posibles de la variable x , es conveniente poner simplemente $x_{\min} = a_1$ (para la primera constante de la traslación), y de manera similar con los intervalos de las demás variables determinar las otras constantes de la traslación; y poner M igual al máximo de las longitudes $\{b_1 - a_1, b_2 - a_2, b_3 - a_3\}$ correspondientes a todas las variables para determinar el valor de la constante de la homotecia.

El caso particular, de los datos porcentuales resumidos de uso del suelo, se obtiene al conocer que todos los datos están entre cero y uno, y considerar que: $x_{\min} = 0$, $y_{\min} = 0$, $z_{\min} = 0$, y $M = 1$; es decir: $G(x_i, y_i, z_i) = 255(x_i, y_i, z_i) = (255x_i, 255y_i, 255z_i) = (\text{verde}, \text{rojo}, \text{azul})$.

2.3 EL ANÁLISIS POLICROMÁTICO DE DATOS (APC) Y EL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP).

Básicamente en esta sección se propone un análisis de datos, usando colores, que generaliza lo propuesto en el párrafo anterior, que se denominará Análisis Policromático (APC), que se basa en los resultados numéricos del Análisis en Componentes Principales (ACP).

El Análisis Factorial en Componentes Principales fue propuesto por Pearson (en el año 1901) y desarrollado por Hotelling (en 1933), y actualmente es una técnica ampliamente utilizada en la investigación, especialmente social y comercial.

El Análisis en Componentes Principales es un método para reducir la complejidad de datos multidimensionales, aproximándolos en pocas dimensiones, de modo que puedan ser examinados visiblemente por medio de representaciones gráficas, de las variables y de los individuos, en el plano o en el espacio.

Las componentes principales son combinaciones lineales de los datos originales que acumulan la varianza más grande posible, y por este motivo se dice que recogen la mayor información posible.

Geométricamente el subespacio generado por las primeras componentes es el que mejor se aproxima a la nube de puntos asociada a los datos, considerando las distancias perpendiculares de cada punto dato al subespacio.

Las componentes principales se las determina de manera que verifican las siguientes propiedades: la primera componente principal es la combinación lineal de las variables que acumula la varianza más grande posible, y así sucesivamente, con la propiedad adicional de que la siguiente no sea correlacionada con la(s) anterior(es); las varianzas (o el porcentaje de su contribución) de las componentes coinciden con los valores propios de la matriz de covarianzas (o de correlaciones respectivamente).

Cada componente principal es una combinación lineal de las variables originales, con los coeficientes dados por los vectores propios de la matriz de covarianzas (o de la matriz de correlaciones respectivamente).

Lo más usual es considerar la matriz de correlación, puesto que el análisis hace que las variables puedan ser medidas en una escala comparable, porque se estandarizan; sin embargo, en caso de que las variables estén dadas ya en medidas en las que es posible la comparación, se puede considerar la matriz de covarianzas.

En resumen el Análisis en Componentes Principales (ACP) es un método de la Estadística que sirve para examinar las relaciones entre varias variables cuantitativas, y resumir los datos mediante la reducción de la dimensión del conjunto de datos; para conocer los detalles de este método se puede consultar en publicaciones que se refieren a los métodos factoriales del análisis estadístico multidimensional, por ejemplo revisar las referencias bibliográficas: [2] (Anderson), [7] (Cailliez y Pagès), [9] (Draper y Smith), [14], [15] o [16] (Lebart y otros).

El Análisis Policromático (APC), en el conjunto de datos con individuos donde se han considerado m variables (con $m > 3$), consiste en calcular primero las tres primeras componentes, de los individuos, y a estas tres variables se les aplica la función G (compuesta por la traslación y la homotecia), es decir la función afín que permite encontrar los colores asociados a los individuos.

Entonces, en el caso de que las tres primeras componentes principales representen adecuadamente los datos, si se denominan las tres primeras componentes (f_i, s_i, t_i) del individuo i , su color asociado es: $G(f_i, s_i, t_i) = \lambda (f_i - f_{\min}, s_i - s_{\min}, t_i - t_{\min}) = (\text{verde}, \text{rojo}, \text{azul})$, con: $\lambda = 255/M$, donde: $M = \text{Max} \{ \text{rg}(F), \text{rg}(S), \text{rg}(T) \}$.

En el caso general, se sabe que las tres primeras componentes pueden no explicar los datos con el 100% de exactitud, y por tanto en el Análisis Policromático (APC) los colores asociados tampoco representarían exactamente a los datos, sin embargo se podría utilizar el mismo porcentaje de explicación del ACP para el APC; y considerar que la representación es satisfactoria a partir de un porcentaje que se considere cercano a cien (por ejemplo mayor a 85%).

Además, para cada opción del Análisis en Componentes Principales (ACP) existiría su respectivo Análisis Policromático (APC).

En el último capítulo se presenta este análisis, aplicado a la información provincial de uso del suelo, considerando seis categorías que permiten comparar los datos de los tres censos agropecuarios.

Para ilustrar lo útil que puede ser este análisis descriptivo, incluso en datos que no son porcentuales, se presenta al final del último capítulo, otro ejemplo, con los datos provinciales de tenencia de la tierra en los tres censos agropecuarios, que es otra variable que permite conocer la estructura del sector agropecuario.

CAPÍTULO 3

CLASIFICACIÓN DE DATOS PORCENTUALES MEDIANTE CARACTERÍSTICAS MATEMÁTICAS DE ORDEN

3.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo tiene como objetivo presentar un nuevo método de clasificación de datos porcentuales, basado en características matemáticas de orden.

Dada una matriz de datos de orden $m \times n$, que contiene la información de n variables para m individuos, se dirá que los datos son porcentuales si cada variable representa un porcentaje respecto a un total individual, es decir si para cada individuo se verifica que la suma de las variables es igual a uno; este caso se presenta por ejemplo cuando los individuos son caracterizados por la distribución condicional de una variable cualitativa considerada con sus respectivas categorías.

Generalmente los métodos de clasificación de datos generan una partición, de manera que los elementos quedan agrupados en conglomerados cuyos elementos se parecen o asemejan entre sí, sin embargo en la mayoría de ocasiones no se puede caracterizar por medio de propiedades a cada subconjunto, de manera que sean fácilmente identificables.

A continuación se presentan tres métodos para clasificar a los individuos por ciertas características matemáticas, de modo que las semejanzas se identifiquen por medio de una característica matemática simple o elemental.

La primera tarea que se va realizar al describir y analizar datos, es determinar el conjunto en el cual pueden encontrarse sus valores, y proponer una partición del

conjunto que permita una clasificación mediante características matemáticas elementales de los datos.

En este caso, el conjunto en el que varían los datos, correspondientes a los individuos, es:

$$A = \{ (p_1, p_2, \dots, p_n) \in [0;1]^n : p_1 + p_2 + \dots + p_n = 1 \}$$

Por tanto el conjunto en donde se encuentran los datos es el poliedro cuyos vértices son: $(1,0,0,\dots,0)$, $(0,1,0,\dots,0)$ y $(0,0,0,\dots,1)$, y está contenido en el hiperplano de ecuación: $x_1+x_2+\dots+x_n = 1$, del espacio vectorial R^n ; y su centro de gravedad es el punto: $K = (1/n ; 1/n ; \dots ; 1/n)$.

A continuación, para contribuir en el análisis y comparación de los datos, se van a proponer tres maneras de clasificar a los individuos, mediante subconjuntos con características matemáticas específicas.

3.2 LA CLASIFICACIÓN DE PORCENTAJE PREDOMINANTE SIMPLE (PARTICIÓN PS)

La primera clasificación propuesta tiene en cuenta fundamentalmente la idea de porcentaje que predomina en el individuo. Se podría considerar por ejemplo n subconjuntos, el primero formado por los individuos en donde el porcentaje p_1 es el mayor, el segundo en donde el porcentaje que predomina es p_2 , el tercero donde domina el porcentaje p_3 , y así sucesivamente, hasta el n -ésimo subconjunto en donde el porcentaje p_n es el más grande; es decir:

$$E_1 = \{ (p_1, p_2, \dots, p_n) \in A : p_1 = \text{Max}\{ p_1, p_2, \dots, p_n \} \}$$

$$E_2 = \{ (p_1, p_2, \dots, p_n) \in A : p_2 = \text{Max}\{ p_1, p_2, \dots, p_n \} \}$$

$$E_3 = \{ (p_1, p_2, \dots, p_n) \in A : p_3 = \text{Max}\{ p_1, p_2, \dots, p_n \} \}$$

Y así sucesivamente, hasta el subconjunto:

$$E_n = \{ (p_1, p_2, \dots, p_n) \in A : p_n = \text{Max}\{ p_1, p_2, \dots, p_n \} \}$$

Sin embargo esta clasificación no considera los individuos que están cerca del centro del poliedro, es decir los individuos en donde ningún uso del suelo es demasiado dominante respecto los otros.

Entonces, parece oportuno agregar, a la partición anterior, la bola de centro $K = (1/n, 1/n, \dots, 1/n)$ y radio R , donde R debe ser elegido apropiadamente, pero se debe entonces separar a la bola de los otros subconjuntos, en este caso la partición queda constituida por los siguientes $(n+1)$ subconjuntos:

$$S_0 = B_{(K;R)} = \{ (p_1, p_2, \dots, p_n) \in A : \|(p_1, p_2, \dots, p_n) - (1/n, 1/n, \dots, 1/n)\| < R \}$$

$$S_1 = \{ (p_1, p_2, \dots, p_n) \in A : (p_1, p_2, \dots, p_n) \notin S_0 \wedge p_1 = \text{Max}\{ p_1, p_2, \dots, p_n \} \}$$

$$S_2 = \{ (p_1, p_2, \dots, p_n) \in A : (p_1, p_2, \dots, p_n) \notin S_0 \wedge p_2 = \text{Max}\{ p_1, p_2, \dots, p_n \} \}$$

$$S_3 = \{ (p_1, p_2, \dots, p_n) \in A : (p_1, p_2, \dots, p_n) \notin S_0 \wedge p_3 = \text{Max}\{ p_1, p_2, \dots, p_n \} \}$$

Y así sucesivamente, hasta el subconjunto:

$$S_n = \{ (p_1, p_2, \dots, p_n) \in A : (p_1, p_2, \dots, p_n) \notin S_0 \wedge p_n = \text{Max}\{ p_1, p_2, \dots, p_n \} \}$$

Para que en efecto sea una partición, en caso de empate en la coordenada máxima, al individuo se le asigna, por ejemplo, el subconjunto de subíndice mas grande.

Entonces la partición del conjunto A está constituida en primer lugar por el subconjunto de los datos que se encuentran cercanos al centro de gravedad,

conformado por los individuos tales que el 100% se reparte de manera similar (o semejante) entre todas las n variables consideradas o categorías.

El segundo subconjunto está conformado por aquellos individuos tales que, sin estar en la bola, el primer porcentaje se impone sobre los demás; el tercer subconjunto constituido por los individuos que no pertenecen a la bola y el segundo porcentaje domina a todos los otros porcentajes; el cuarto integrado por los individuos que no se encuentran en la bola y en donde el tercer porcentaje es el que predomina sobre los demás; y así de modo semejante las demás subclases; en caso de empates en el valor máximo se puede acordar dejar al individuo en el subconjunto correspondiente al subíndice menor; a esta clasificación, mediante $(n+1)$ subconjuntos, se la denominará partición PS.

Tanto la decisión sobre el valor de R , como también la elección de la norma dependerá de los criterios de la persona que analiza los datos.

Es conveniente recordar que la norma usual en la matemática es la euclidiana, que esta asociada al producto escalar usual en R^n , es decir la definida mediante la igualdad: $\|X\|_2 = (X | X)^{1/2}$; es decir :

$$\|(x_1, x_2, \dots, x_n)\|_2 = (\sum_i x_i^2)^{1/2}$$

La norma euclidiana, o norma $p=2$, es un caso particular de la norma p (con $p \in N$) definida por la siguiente igualdad:

$$\|(x_1, x_2, \dots, x_n)\|_p = (\sum_i x_i^p)^{1/p}$$

Otra norma posible es la norma del máximo (o norma ∞) definida por:

$$\|(x_1, x_2, \dots, x_n)\|_\infty = \text{Max}\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$$

Otra familia de normas en R^n , se obtiene de las matrices $A = [a_{ij}]$, de orden $n \times n$, que son definidas positivas, determinadas mediante la siguiente igualdad: $\| X \|_A = (X A X^t)^{1/2}$; es decir :

$$\| (x_1, x_2, \dots, x_n) \|_A = (\sum_{i,j} x_i a_{ij} x_j)^{1/2}$$

Todas estas normas son utilizadas en la Estadística Descriptiva para medir las distancias entre individuos, o entre variables, en la última familia de normas se suele considerar A una matriz diagonal con pesos apropiados, o la matriz de covarianzas, o la matriz de correlaciones.

La norma euclidiana ($p=2$) también se obtiene como un caso particular de esta última familia, cuando se elige la matriz A igual a la identidad (de orden $n \times n$), es decir: $A = I = [\delta_{ij}]$ donde: δ_{ij} es igual a 1 si $i = j$; e igual a 0 si $i \neq j$.

3.3 LA CLASIFICACIÓN DE PORCENTAJES PREDOMINANTES (PARTICIÓN PB)

La partición PS solamente considera el primer porcentaje dominante, no considera el segundo porcentaje dominante, ni los siguientes.

Si se quiere tomar en cuenta los siguientes porcentajes dominantes, se debe considerar la siguiente partición, que está conformada por $(n!+1)$ subconjuntos:

$$B_0 = B_{(K;R)} = \{ (p_1, p_2, \dots, p_n) \in A : \| (p_1, p_2, \dots, p_n) - (1/n; 1/n; \dots; 1/n) \| < R \}$$

$$B_{1,2,\dots,n-1,n} = \{ (p_1, p_2, \dots, p_n) \in A : (p_1, p_2, \dots, p_n) \notin B_0 \wedge p_1 \geq p_2 \geq \dots \geq p_{n-1} \geq p_n \}$$

$$B_{1,2,\dots,n,n-1} = \{ (p_1, p_2, \dots, p_n) \in A : (p_1, p_2, \dots, p_n) \notin B_0 \wedge p_1 \geq p_2 \geq \dots \geq p_n \geq p_{n-1} \}$$

Y así sucesivamente, hasta el subconjunto:

$$B_{n,n-1,\dots,2,1} = \{ (p_1, p_2, \dots, p_n) \in A : (p_1, p_2, \dots, p_n) \notin B_0 \wedge p_n \geq p_{n-1} \geq \dots \geq p_2 \geq p_1 \}$$

Para que sea una partición se debe convenir que en caso de empate, por ejemplo si se supone que existen dos subíndices $i < j$, tales que: $p_i = p_j$, al individuo se le asigne al subconjunto con el subíndice de permutación que tenga a i antes que j , es decir: (\dots, i, j, \dots) .

La desventaja de esta partición es el gran número de subconjuntos que la conforman cuando el número de variables n es mayor a cuatro, por ejemplo si n sería igual a cinco la partición tendría 120 subconjuntos.

Sin embargo en el caso de interés, relacionado con las categorías resumidas de uso del suelo, n es igual a tres, lo que significa que la partición PB consta solamente de $3! + 1 = 3 \times 2 \times 1 + 1 = 7$ subconjuntos.

Esta partición también depende de la elección de la norma y del valor de R , que realice la persona que analiza los datos, la tercera clasificación propuesta, que se presenta en el siguiente párrafo, tiene la ventaja de un número conveniente de subconjuntos en la partición, y además no depende del criterio del analista de los datos.

3.4 LA CLASIFICACIÓN PIRAMIDAL (PARTICIÓN PT)

La tercera clasificación matemática propuesta, para un conjunto de datos porcentuales con n variables, también tiene en cuenta la idea de porcentaje predominante en los individuos, pero considera la siguiente partición.

$$T_0 = \{ (p_1, p_2, \dots, p_n) \in A : [p_1 > 1/(n+1)] \wedge [p_2 > 1/(n+1)] \wedge \dots \wedge [p_n > 1/(n+1)] \}$$

$$T_1^M = \{ (p_1, p_2, \dots, p_n) \in A : \text{Max}\{ p_1, p_2, \dots, p_n \} = p_1 > 2/(n+1) \}$$

$$T_2^M = \{ (p_1, p_2, \dots, p_n) \in A : \text{Max}\{ p_1, p_2, \dots, p_n \} = p_2 > 2/(n+1) \}$$

$$T^M_3 = \{ (p_1, p_2, \dots, p_n) \in A : \text{Max}\{ p_1, p_2, \dots, p_n \} = p_3 > 2/(n+1) \}$$

Y así progresivamente los siguientes, hasta el subconjunto:

$$T^M_n = \{ (p_1, p_2, \dots, p_n) \in A : \text{Max}\{ (p_1, p_2, \dots, p_n) \} = p_n > 2/(n+1) \}$$

$$T^m_1 = \{ (p_1, p_2, \dots, p_n) \in A : [\text{Min}\{p_1, p_2, \dots, p_n\} = p_1 \leq 1/(n+1)] \wedge [p_2 \leq 2/(n+1)] \wedge \dots \wedge [p_n \leq 2/(n+1)] \}$$

$$T^m_2 = \{ (p_1, p_2, \dots, p_n) \in A : [p_1 \leq 2/(n+1)] \wedge [\text{Min}\{ (p_1, p_2, \dots, p_n) \} = p_2 \leq 1/(n+1)] \wedge [p_3 \leq 2/(n+1)] \wedge \dots \wedge [p_n \leq 2/(n+1)] \}$$

Y así sucesivamente, hasta el conjunto:

$$T^m_n = \{ (p_1, p_2, \dots, p_n) \in A : [p_1 \leq 2/(n+1)] \wedge \dots \wedge [p_{n-1} \leq 2/(n+1)] \wedge [\text{Min}\{ p_1, p_2, \dots, p_n \} = p_n \leq 1/(n+1)] \}$$

Como ya se ha expresado, para que resulte una partición, en caso de empate en la coordenada máxima (o mínima), al individuo se le asigna, por ejemplo, el subconjunto de subíndice mas grande.

Se puede observar que en el subconjunto T_0 el 100% se reparte en forma balanceada o similar entre las m variables, en T^M_1 el mayor porcentaje es el primero, en T^M_2 el segundo porcentaje es el mayor, y así sucesivamente, en T^M_n el mayor porcentaje es el n -ésimo o último; en el subconjunto T^m_1 el primer porcentaje es el menor, en T^m_2 el porcentaje menor es el segundo, y en T^m_n el último porcentaje (el n -ésimo) es el menor.

A esta clasificación, que consta de $(2n+1)$ subconjuntos, se la denominará partición matemática piramidal PT.

3.5 EL CASO PARTICULAR DE DATOS PORCENTUALES CON TRES VARIABLES

En la aplicación que se va a realizar, correspondiente a las categorías de uso del suelo resumidas, n es igual a tres, y por tanto la partición PS está constituida por $n+1=4$ subconjuntos, la partición PB no resulta todavía demasiado grande pues está conformada por solo $n!+1 = 3!+1 = 7$ clases, y la partición PT contiene $2n+1 = 2 \times 3+1 = 7$ subconjuntos.

En este caso, el conjunto A en donde varían los datos es:

$$A = \{ (p_1, p_2, p_3) \in [0;1]^3 : p_1+p_2+p_3=1 \}$$

Por tanto, el conjunto en donde pueden variar los datos es el triángulo equilátero, cuyos vértices son: (1,0,0), (0,1,0) y (0,0,1), y está contenido en el plano de ecuación: $x+y+z=1$ del espacio vectorial R^3 ; además el centro de gravedad del triángulo es el punto: $K = (1/3;1/3;1/3)$.

En este caso particular, la partición PS del conjunto A, está conformada entonces por los cuatro subconjuntos:

$$S_0 = B_{(K;R)} = \{ (p_1, p_2, p_3) \in A : \|(p_1, p_2, p_3) - (1/3;1/3;1/3)\| < R \}$$

$$S_1 = \{ (p_1, p_2, p_3) \in A : (p_1, p_2, p_3) \notin S_0 \wedge p_1 = \text{Max}\{ p_1, p_2, p_3 \} \}$$

$$S_2 = \{ (p_1, p_2, p_3) \in A : (p_1, p_2, p_3) \notin S_0 \wedge p_2 = \text{Max}\{ p_1, p_2, p_3 \} \}$$

$$S_3 = \{ (p_1, p_2, p_3) \in A : (p_1, p_2, p_3) \notin S_0 \wedge p_3 = \text{Max}\{ p_1, p_2, p_3 \} \}$$

Los subconjuntos se pueden denominar, simplifícadamente, de la siguiente forma:

Se debe recordar que en caso de empate en el porcentaje máximo, se ha convenido que al individuo se le asigna el subconjunto de subíndice mas grande.

S_0 : La bola central en donde las categorías de uso del suelo están equilibradas.

S_1 : En donde el uso que domina es el que corresponde a labor (o sea el primero).

S_2 : En donde el uso que domina es el que concierne a pastos (o sea el segundo).

S_3 : En donde el uso que domina es el que compete a otros usos (o sea el tercero).

El primer subconjunto son los cercanos al centro del triángulo, el segundo subconjunto conformado por aquellos individuos que no están en la bola y el primer porcentaje se impone sobre los otros dos; el tercer subconjunto constituido por los individuos que no están en el primer subconjunto y el segundo porcentaje domina al primero y al tercero; y el cuarto subconjunto integrado por los individuos en donde el tercer porcentaje es mayor a los dos primeros y no se encuentran en la bola.

Para visualizar el conjunto que contiene a los datos y apreciar la primera clasificación propuesta, es decir la partición PS, en la siguiente página, se muestra en el gráfico 3.1 la representación del conjunto A en el espacio cartesiano de tres dimensiones, y en el gráfico 3.2 se exhibe la representación de la partición PS, es decir de los respectivos subconjuntos S_i del conjunto A (considerando la norma euclidiana) con los colores característicos de cada uno de ellos.

La segunda clasificación propuesta, que corresponde a la partición PB del conjunto A, en este caso particular está conformada por los siguientes siete subconjuntos:

$$B_0 = B_{(K;R)} = \{ (p_1, p_2, p_3) \in A : \| (p_1, p_2, p_3) - (1/3;1/3;1/3) \| < R \}$$

$$B_{1,2,3} = \{ (p_1, p_2, p_3) \in A : (p_1, p_2, p_3) \notin B_0 \wedge p_1 \geq p_2 \geq p_3 \}$$

Ref. Gráficos 3.1 y 3.2

$$B_{1,3,2} = \{ (p_1, p_2, p_3) \in A : (p_1, p_2, p_3) \notin B_0 \wedge p_1 \geq p_3 \geq p_2 \}$$

$$B_{2,1,3} = \{ (p_1, p_2, p_3) \in A : (p_1, p_2, p_3) \notin B_0 \wedge p_2 \geq p_1 \geq p_3 \}$$

$$B_{2,3,1} = \{ (p_1, p_2, p_3) \in A : (p_1, p_2, p_3) \notin B_0 \wedge p_2 \geq p_3 \geq p_1 \}$$

$$B_{3,1,2} = \{ (p_1, p_2, p_3) \in A : (p_1, p_2, p_3) \notin B_0 \wedge p_3 \geq p_1 \geq p_2 \}$$

$$B_{3,2,1} = \{ (p_1, p_2, p_3) \in A : (p_1, p_2, p_3) \notin B_0 \wedge p_3 \geq p_2 \geq p_1 \}$$

Se debe tomar en cuenta que en caso de empate en los porcentajes, por ejemplo si existen $p_i = p_j$, con $i < j$, al individuo se le asigna al subconjunto correspondiente a la permutación subíndice que tenga a i antes que j , es decir: (\dots, i, j, \dots) . Por ejemplo si $p_2 = p_3 > p_1$ entonces (p_1, p_2, p_3) pertenece exclusivamente a $B_{2,3,1}$.

Los subconjuntos se pueden denominar, simplifícadamente, de la siguiente forma:

B_0 : La bola central en donde las tres categorías de uso del suelo están centradas o equilibradas.

$B_{1,2,3}$: En donde las categorías de uso del suelo que dominan son labor y pastos (en ese orden).

$B_{1,3,2}$: En donde las categorías de uso que dominan son labor y otros usos (en ese orden).

$B_{2,1,3}$: En donde las categorías que dominan son pastos y labor (en ese orden).

$B_{2,3,1}$: En donde las categorías que dominan son pastos y otros usos (en ese orden).

$B_{3,1,2}$: En donde las categorías que dominan son otros usos y labor (en ese orden).

$B_{3,2,1}$: En donde las categorías que dominan son otros usos y pastos (en ese orden).

Los subconjuntos de las dos particiones PS y PB, estarían completamente determinados si se especifica la norma a utilizar, y si se precisa el valor de R, cuestiones que dependen de los criterios de la persona que analiza los datos.

Entonces es conveniente mencionar algunos elementos que se podrían considerar en la formación de esos criterios, es decir dar por lo menos algunas pautas para la selección tanto de la norma como del valor de R.

En primer lugar observemos que con la norma usual, es decir la euclidiana ($p=2$), los valores oportunos o adecuados de R, varían desde 0 (cero) hasta el radio del círculo inscrito en el triángulo equilátero de lado igual a raíz de dos ($\sqrt{2}$), es decir debe pertenecer al intervalo abierto $(0;1/\sqrt{6})$, de manera aproximada: $0 < R < 0,4082$.

Obviamente los valores cercanos a los extremos harían que el primer conjunto B_0 (la bola) contenga, respectivamente, muy pocos o muchos individuos, y entonces los demás subconjuntos contendrían muchos, o en su defecto muy pocos, individuos; esto hace pensar que el valor de R conveniente podría estar cerca del punto medio: 0,2041; prácticamente alrededor de 0,2.

Un criterio general, que no tomaría en cuenta la particularidad de los datos, pero se adaptaría perfectamente para el caso en que los datos estuvieran distribuidos uniformemente, podría ser el seleccionar R de modo que los siete subconjuntos tengan la misma área.

Realizados los cálculos, R debe verificar la relación: $R^2 = \sqrt{3}/(14\pi)$, por tanto este valor es aproximadamente igual a: $R=0,1984$ (o simplemente: $R=0,2$).

Por tanto el valor adecuado de R debe estar cerca de 0,2; sin embargo para fijar el valor de R sería conveniente también considerar la particularidad de los datos,

en el caso de las variables resumidas del uso del suelo, si se elige el valor de 0,2 seguramente la mayoría de los datos estarían en el primer subconjunto, es decir en la bola de centro $(1/3 ; 1/3 ; 1/3) = (33,33\% ; 33,33\% ; 33,33\%)$.

Sería conveniente tener un valor de R de salto o quiebre, es decir que ayude a separar los individuos en sus respectivos subconjuntos, esto se puede analizar mediante el cálculo de las distancias de los individuos al centro y ordenándolas.

A pesar de que la norma euclidiana es la más usual, por consideraciones geométricas de los subconjuntos de la partición del triángulo asociado a los datos, se va a utilizar en la clasificación la norma p unitaria ($p=1$), es decir la que corresponde a la suma de los valores absolutos de las diferencias de las coordenadas correspondientes.

Con esta métrica ($p=1$) la longitud del lado del triángulo es igual a dos, y el radio de una bola centrada en $K = (1/3, 1/3, 1/3)$ y contenida en el triángulo debe ser mayor a cero y menor a $2/3$; y por tanto valores cercanos a $1/3$ podrían ser convenientes para determinar la partición provincial.

La norma p unitaria en R^3 es conveniente, por cuanto con esta norma, los siete subconjuntos de la partición resultan ser convexos, es decir que si dos puntos están en el subconjunto B_i , también pertenecerán a B_i los puntos del segmento que los une.

Esta propiedad, de convexidad, no se verifica con las otras normas p, incluyendo la euclidiana ($p=2$), y tampoco con la norma del máximo o infinito (∞).

De esta forma se puede elegir la norma considerando ventajas geométricas en la partición, y el valor del radio teniendo en cuenta la particularidad de los datos y la forma del conjunto en donde pueden variar los mismos.

Entonces, si se elige la norma $p=1$, el primer subconjunto de la partición PB estaría definido por:

$$B_0 = B_{(K;R)} = \{ (p_1, p_2, p_3) \in A : \| (p_1, p_2, p_3) - (1/3; 1/3; 1/3) \|_1 < R \}$$

$$= \{ (p_1, p_2, p_3) \in A : |p_1 - 1/3| + |p_2 - 1/3| + |p_3 - 1/3| < R \}$$

Con los $B_{i,j,k}$ definidos como antes, en el complemento de B_0 y con la característica otorgada por las desigualdades que expresan los usos dominantes.

Con la finalidad de visualizar la segunda clasificación propuesta (PB), es decir para apreciar B_0 y los $B_{i,j,k}$ (con (i,j,k) una permutación de $\{1,2,3\}$), en el gráfico 3.3 de la siguiente página, se representa la partición PB con la norma euclidiana, y en el gráfico 3.4 se presenta la partición PB con la norma $p=1$ (ubicando los colores característicos para cada subconjunto).

En este caso particular, de datos porcentuales con solo tres variables, la partición piramidal PT del conjunto A, está constituida por los siguientes siete subconjuntos:

$$T_0 = \{ (p_1, p_2, p_3) \in A : [p_1 > 1/4] \wedge [p_2 > 1/4] \wedge [p_3 > 1/4] \}$$

$$= \{ (p_1, p_2, p_3) \in A : (p_1 > 0,25) \wedge (p_2 > 0,25) \wedge (p_3 > 0,25) \}$$

$$T^M_1 = \{ (p_1, p_2, p_3) \in A : \text{Max}\{ p_1, p_2, p_3 \} = p_1 > 1/2 = 0,5 \}$$

$$T^M_2 = \{ (p_1, p_2, p_3) \in A : \text{Max}\{ p_1, p_2, p_3 \} = p_2 > 1/2 = 0,5 \}$$

$$T^M_3 = \{ (p_1, p_2, p_3) \in A : \text{Max}\{ p_1, p_2, p_3 \} = p_3 > 1/2 = 0,5 \}$$

$$T^m_1 = \{ (p_1, p_2, p_3) \in A : [\text{Min}\{ p_1, p_2, p_3 \} = p_1 \leq 1/4] \wedge [p_2 \leq 1/2] \wedge [p_3 \leq 1/2] \}$$

$$T^m_2 = \{ (p_1, p_2, p_3) \in A : [p_1 \leq 1/2] \wedge [\text{Min}\{ p_1, p_2, p_3 \} = p_2 \leq 1/4] \wedge [p_3 \leq 1/2 = 0,5] \}$$

$$T^m_3 = \{ (p_1, p_2, p_3) \in A : [p_1 \leq 1/2] \wedge [p_2 \leq 1/2] \wedge [\text{Min}\{ p_1, p_2, p_3 \} = p_3 \leq 1/4] \}$$

En esta situación particular, la partición piramidal corresponde a una partición triangular, puesto que los subconjuntos que la conforman son triángulos.

Ref. Gráficos 3.3 y 3.4

Se debe recordar que en caso de empate en la coordenada máxima (o mínima), al individuo se le asigna al subconjunto de subíndice mas grande.

Los subconjuntos se pueden denominar, simplificadaamente, de la siguiente forma:

T_0 : En donde las categorías de uso del suelo están balanceadas.

T^M_1 : En donde la categoría, de uso del suelo, mayor es la que corresponde a labor (o sea la primera).

T^M_2 : En donde la categoría mayor es la que concierne a pastos (es decir la segunda).

T^M_3 : En donde la categoría mayor es la que compete a otros usos (es decir la tercera).

T^m_1 : En donde la categoría menor es la que corresponde a labor (o sea la primera).

T^m_2 : En donde la categoría menor es la que concierne a pastos (la segunda).

T^m_3 : En donde la categoría menor es la que compete a otros usos (la tercera).

En esta partición los conjuntos: T^M_1 , T^M_2 y T^M_3 , que contienen a los vértices del triángulo tienen una superficie equivalente a cuatro veces el área de cualquiera de los demás subconjuntos; es decir, igual a la suma de las áreas de: T_0 , T^m_1 , T^m_2 , T^m_3 ; por este motivo a continuación se va a considerar una variante de esta partición triangular, que introduce un número h , que es un valor pequeño y no negativo, con mayor precisión: $0 \leq h \leq 0,05$, con lo que se logra que la diferencia entre áreas de los subconjuntos no sea tan grande.

Se establece entonces la partición triangular modificada PT_h , a la que pertenecen los subconjuntos que a continuación se definen:

$$T_{0,h} = \{ (p_1, p_2, p_3) \in A : (p_1 > 0,25 - h) \wedge (p_2 > 0,25 - h) \wedge (p_3 > 0,25 - h) \}$$

$$T_{1,h}^M = \{ (p_1, p_2, p_3) \in A : \text{Max}\{ p_1, p_2, p_3 \} = p_1 > 0,5 + 2h \}$$

$$T_{2,h}^M = \{ (p_1, p_2, p_3) \in A : \text{Max}\{ p_1, p_2, p_3 \} = p_2 > 0,5 + 2h \}$$

$$T_{3,h}^M = \{ (p_1, p_2, p_3) \in A : \text{Max}\{ p_1, p_2, p_3 \} = p_3 > 0,5 + 2h \}$$

$$T_{1,h}^m = \{ (p_1, p_2, p_3) \in A : (\text{Min}\{p_1, p_2, p_3\} = p_1 \leq 0,25 - h) \wedge (p_2 \leq 0,5 + 2h) \wedge (p_3 \leq 0,5 + 2h) \}$$

$$T_{2,h}^m = \{ (p_1, p_2, p_3) \in A : (p_1 \leq 0,5 + 2h) \wedge (\text{Min}\{p_1, p_2, p_3\} = p_2 \leq 0,25 - h) \wedge (p_3 \leq 0,5 + 2h) \}$$

$$T_{3,h}^m = \{ (p_1, p_2, p_3) \in A : (p_1 \leq 0,5 + 2h) \wedge (p_2 \leq 0,5 + 2h) \wedge (\text{Min}\{p_1, p_2, p_3\} = p_3 \leq 0,25 - h) \}$$

La primera partición piramidal PT , es decir la original, corresponde al caso particular de la variante PT_h con $h = 0$, y está formada por siete triángulos equiláteros; en cambio si el valor de h es estrictamente positivo, y menor o igual a 0,05 como se propone, la partición modificada PT_h está constituida por cuatro triángulos equiláteros y tres trapecios.

Con la finalidad de observar la tercera clasificación propuesta, es decir para apreciar los subconjuntos de la partición PT_h , en la siguiente página, en el gráfico 3.5 se representa la partición PT original ($h=0$), y en el gráfico 3.6 se presenta la partición modificada PT_h , con los colores característicos de cada subconjunto.

En el caso particular de las variables resumidas de uso del suelo, se puede observar que en el subconjunto T_0 se reparte el uso en forma balanceada o similar entre los tres usos del suelo, en T_1^M el uso mayor es el de labor, en T_2^M destacan los pastos, en T_3^M sobresalen los otros usos.

Ref. Gráficos 3.5 y 3.6

Se advierte además, con las variables fundamentales de uso de la tierra, que el subconjunto T^m_1 se caracteriza por tener poca labor, T^m_2 por poseer pocos pastos, y T^m_3 por presentar pocos otros usos.

El valor de h , que se considera oportuno para la clasificación y comparación de los datos provinciales de los tres censos agropecuarios, es igual a 0,01.

A la partición PT modificada se la denominará entonces partición triangular y trapezoidal PT del uso del suelo.

En los gráficos 1 al 4 del anexo 4, se representan las particiones PB y PT, utilizando los colores sustractivos primarios, es decir considerando los colores básicos: cian para el vértice (1;0;0) de labor, amarillo para el vértice (0;1;0) de pastos, y magenta para el vértice (0;0;1) de otros usos.

3.6 UN NUEVO SISTEMA DE COORDENADAS EN EL CONJUNTO QUE CONTIENE LOS DATOS.

En el caso particular, de los datos porcentuales con tres variables, para lograr representar a los individuos, en el plano de ecuación $x+y+z=1$, usando dos componentes en un sistema de coordenadas ortonormal, conviene considerar el producto escalar usual, y elegir un punto del plano como origen, y dos vectores, sujetos a dos puntos del plano, que sean ortonormales y proporcionen la dirección de los ejes (es decir que formen una base ortonormal del subespacio: $x+y+z=0$).

Puesto que los datos pertenecen a un triángulo equilátero cuyo ortocentro es el punto $K = (1/3; 1/3; 1/3)$, es conveniente escogerlo como origen de coordenadas, y a los vectores ortogonales: $w_1 = (4/3; 1/3; -2/3) - (1/3; 1/3; 1/3) = (1; 0; -1)$; $w_2 = (0; 1; 0) - (1/3; 1/3; 1/3) = (-1/3; 2/3; -1/3)$ normalizados; es decir: $v_1 = w_1/\|w_1\| = (1; 0; -1)/\sqrt{2}$; $v_2 = w_2/\|w_2\| = (-1; 2; -1)/\sqrt{6}$ como vectores directores de los ejes del sistema de referencia.

Entonces, así elegido el nuevo sistema de coordenadas: $(O'=K; v_1=(1; 0; -1)/\sqrt{2}; v_2=(-1; 2; -1)/\sqrt{6})$, un individuo $P = (p_1, p_2, p_3)$ del espacio R^3 se representa en el nuevo sistema de referencia mediante sus respectivas coordenadas: $(t_1; t_2) = ((P - K | v_1); (P - K | v_2))$; efectuando los productos escalares, y simplificando, se obtiene que: $(t_1; t_2) = ((p_1-p_3)/\sqrt{2}; (-p_1+2p_2-p_3)/\sqrt{6})$.

Los vértices del triángulo equilátero: $U_1 = (1; 0; 0)$; $U_2 = (0; 1; 0)$; $U_3 = (0; 0; 1)$, que corresponderían a provincias ficticias en donde exclusivamente se realiza una sola actividad en el uso del suelo, en este nuevo sistema de referencia tendrían respectivamente las siguientes coordenadas: $(1/\sqrt{2}; -1/\sqrt{6}) = (0,7071; -0,40825)$; $(0; 2/\sqrt{6}) = (0; 0,8165)$; $(-1/\sqrt{2}; 1/\sqrt{6}) = (-0,7071; 0,40825)$.

En resumen, la transformación de coordenadas del sistema canónico del espacio euclidiano R^3 , al nuevo sistema de referencia, está dada por la siguiente aplicación lineal:

$$F(p_1, p_2, p_3) = ((p_1 - p_3)/\sqrt{2}; (-p_1 + 2p_2 - p_3)/\sqrt{6}).$$

Esta simple transformación lineal se utilizará en el análisis de los datos resumidos sobre uso del suelo, y prácticamente puede reemplazar a la representación de los individuos en el plano principal que se obtiene del análisis en componentes principales, realizado sobre los datos porcentuales de uso del suelo.

CAPÍTULO 4

COMPARACIÓN DE PARTICIONES CORRESPONDIENTES A DOS CLASIFICACIONES DE UN CONJUNTO DE INDIVIDUOS

4.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo tiene como objetivo presentar un método que sirve para calcular en que medida se parecen dos particiones de un mismo conjunto, por medio de los porcentajes de similitud y disimilitud, nociones que se basan en las cardinalidades de las intersecciones y de las diferencias simétricas de los subconjuntos que conforman las dos particiones.

Estos índices pueden servir para comparar particiones que se obtienen de las clasificaciones propuestas mediante características matemáticas de orden y algunas técnicas de clasificación automática desarrolladas en la estadística, y en el caso de la aplicación que se va a presentar, se utilizarán para comparar los datos de uso del suelo en los tres censos agropecuarios, es decir se usan para establecer como ha cambiado el uso del suelo en estos períodos intercensales.

4.2 ÍNDICES O PORCENTAJES DE SIMILITUD Y DISIMILITUD ENTRE DOS PARTICIONES DE UN CONJUNTO

En este párrafo se introducen algunos índices para medir la similitud entre dos particiones de un conjunto finito. Si X es un conjunto finito, en este trabajo se denota por $\#(X)$ la cardinalidad del conjunto X (es decir el número de elementos de X : $\#(X) = \text{card}(X)$).

Usando la siguiente propiedad de la teoría de conjuntos: $X \cap Y = X \cup Y$ si y solo si $X = Y$, podemos afirmar que los dos conjuntos X y Y son iguales si y solo si la

diferencia: $\#(X \cup Y) - \#(X \cap Y)$ es igual a cero, o también equivalente a decir que la razón: $\#(X \cap Y) / \#(X \cup Y)$ es igual a uno.

Se define entonces, dados dos subconjuntos X y Y , de un mismo conjunto de individuos A , *la disimilitud absoluta (o aritmética)* como: $d = \#(X \cup Y) - \#(X \cap Y) = \#(X \Delta Y)$, es decir la cardinalidad de la diferencia simétrica: $X \Delta Y = [X - Y] \cup [Y - X]$.

Se define también *la similitud absoluta (o aritmética)* entre los dos subconjuntos X y Y del conjunto A , como: $e = \#(X \cap Y) = \#(X \cap Y)$, es decir la cardinalidad de la intersección de los dos subconjuntos.

Los valores e y d verifican obviamente la igualdad: $e + d = \#(X \cup Y)$

Evidentemente es preferible poner estas dos nociones en términos relativos, dividiendo para la cardinalidad de la unión de los dos conjuntos X y Y ; es decir, se define *la disimilitud relativa (o geométrica)* como la razón: $\delta = d / \#(X \cup Y) = \#(X \Delta Y) / \#(X \cup Y)$; y también *la similitud relativa (o geométrica)* como el cociente: $\varepsilon = e / \#(X \cup Y) = \#(X \cap Y) / \#(X \cup Y) = 1 - \delta$.

Los valores ε y δ se encuentran entre cero y uno, y pueden expresarse como porcentajes, y son complementarios respecto a uno; es decir, verifican: $\varepsilon + \delta = 1$.

Estos conceptos se pueden extender al caso de dos particiones $\{ X_i : i=1,2,\dots,k \}$; $\{ Y_i : i=1,2,\dots,k \}$ de un conjunto A , de cardinalidad finita e igual a m , puesto que ambas particiones coincidirían si y solo si las disimilitudes: $\delta_i = \#(X_i \Delta Y_i) / \#(X_i \cup Y_i)$ son nulas para todo índice i ; es decir siempre y cuando para todo i , las similitudes: $\varepsilon_i = \#(X_i \cap Y_i) / \#(X_i \cup Y_i)$ son iguales a uno.

Tal como está redactado, los valores de δ_i y ε_i dependerían del orden en que se presentan los subconjuntos X_1, X_2, \dots, X_k y los Y_1, Y_2, \dots, Y_k ; es decir, depende de cómo se forman las parejas (X_i, Y_i) . Entonces de manera precisa se debería

indicar como se emparejan los X_i con los Y_j , para poder evaluar δ_i y ε_i . De entre todos los $k!$ posibles emparejamientos se debe seleccionar el que minimice la suma de los δ_i , o sea el que se maximice la suma de los ε_i .

Entonces, para medir con objetividad que tanto se parecen dos particiones, de un conjunto A (con cardinalidad: $\#(A) = m$), con la misma cantidad de conglomerados, denominada k , se introducen a continuación las nociones de similaridad y disimilaridad entre dos particiones (o clasificaciones).

Si consideramos dos particiones (clasificaciones), con el mismo número de subconjuntos (conglomerados), se podría definir la similitud absoluta (o relativa) entre ambas particiones (clasificaciones), como la suma de las similitudes absolutas (o relativas) entre los respectivos subconjuntos ($X_i ; Y_i$) : $\sum e_i$, y , $\sum \varepsilon_i$; y la disimilitud absoluta (o relativa) como la suma de las disimilitudes absolutas (o relativas) entre ($X_i ; Y_i$) : $\sum d_i$, y , $\sum \delta_i$.

Pero de nuevo, estas cantidades deberían ser normalizadas, para que se encuentren entre cero y uno, esto nos lleva a definir dos tipos de similitud (y disimilitud) relativa entre las dos clasificaciones:

Similitud por elementos: $e = \sum e_i / \sum \#(X_i \cup Y_i)$

Similitud por grupos: $\varepsilon = \sum \varepsilon_i / k$

Disimilitud por elementos: $d = \sum d_i / \sum \#(X_i \cup Y_i)$

Disimilitud por grupos: $\delta = \sum \delta_i / k$

Al final de este capítulo se definen estos índices de manera formal, puesto que, como ya se mencionó, hay $k!$ posibles emparejamientos entre los X_1, X_2, \dots, X_k y

los Y_1, Y_2, \dots, Y_k , se debe seleccionar aquel que minimice la suma de los δ_i , o sea el que se maximice la suma de los ε_i .

Entonces estos valores verifican las igualdades: $e + d = 1$; $\varepsilon + \delta = 1$; puesto que la normalización se basa en la identidad: $\sum e_i + \sum d_i = \sum \#(X_i \cup Y_i)$.

Además, de la última identidad, se obtiene que:

$$\sum e_i + \sum d_i = \sum \#(X_i \cup Y_i) = \sum \{\#(X_i) + \#(Y_i) - \#(X_i \cap Y_i)\} = 2m - \sum e_i$$

Entonces hay una segunda manera, de evaluación más simple, para normalizar la similitud y disimilitud por elementos, que se basa en la siguiente identidad, que se obtiene de la igualdad anterior.

$$2 \sum e_i + \sum d_i = 2m , \text{ que es equivalente a: } \sum e_i/m + \sum d_i/(2m) = 1 .$$

Se definen entonces:

$$\text{Similitud por elementos modificada: } E = \sum e_i / m$$

$$\text{Disimilitud por elementos modificada: } D = \sum d_i / (2m)$$

Por tanto estos valores también son complementarios (suman 100%), es decir verifican la relación: $E + D = 1$, y tienen la ventaja de ser más simples de calcular y la interpretación de la similitud es evidente, si un elemento en particular se mantiene en el mismo grupo el valor de e_i es igual a uno, caso contrario es nulo; se cuentan entonces los elementos que se mantienen en el mismo subconjunto en ambas particiones y se divide para m , por tanto E es el porcentaje de elementos que no cambian de grupo en las dos particiones; la desventaja evidente es que el valor de E resulta generalmente mayor al de las otras mediciones de similitud: e y ε .

Siguiendo este principio, también se pueden modificar las similitudes y disimilitudes por grupos, se cuentan los subconjuntos que se mantienen iguales en ambas particiones y se divide para k , es decir se definen:

Similitud por grupos modificada: $\Phi = \sum \phi_i / k$, donde $\phi_i = \{1 \text{ si } X_i=Y_i; 0 \text{ si } X_i \neq Y_i\}$

Disimilitud por grupos modificada: $\Delta = 1 - \Phi$

Estos dos últimos indicadores no van a ser muy provechosos para el análisis de los datos de uso del suelo, por cuanto pesan solamente las coincidencias de los subconjuntos en las dos particiones, si por ejemplo dos subconjuntos con cierta cantidad de individuos, difieren solamente en un elemento, su contribución a la similitud es absolutamente nula, a pesar de su obvia semejanza en el asunto que se está analizando.

En realidad la definición matemática formal debe considerar como se emparejan los respectivos subconjuntos, es decir como se seleccionan apropiadamente los subíndices de los subconjuntos, en efecto entre todas las $k!$ posibles biyecciones, que se pueden formar entre las dos clasificaciones, se elige la que minimiza la disimilitud (o maximiza la similitud), es decir con mayor precisión:

$$e = \text{Max} \{ \sum e_{ij} / \sum \#(X_{ij} \cup Y_{ij}) : j = 1, 2, 3, \dots, k! \}$$

$$\varepsilon = \text{Max} \{ \sum \varepsilon_{ij} / k : j = 1, 2, 3, \dots, k! \}$$

$$d = \text{Min} \{ \sum d_{ij} / \sum \#(X_{ij} \cup Y_{ij}) : j = 1, 2, 3, \dots, k! \} = 1 - e$$

$$\delta = \text{Min} \{ \sum \delta_{ij} / k : j = 1, 2, 3, \dots, k! \} = 1 - \varepsilon$$

$$E = \text{Max} \{ \sum e_{ij} / m : j = 1, 2, 3, \dots, k! \}$$

$$D = \text{Min} \{ \sum d_{ij} / (2m) : j = 1, 2, 3, \dots, k! \} = 1 - E$$

$$\Phi = \text{Min} \{ \sum \phi_{ij} / k : j = 1, 2, 3, \dots, k! \}$$

$$\Delta = 1 - \Phi$$

Evidentemente estos índices pueden servir para comparar dos clasificaciones, de un conjunto de individuos, con diferente número de clases, bastaría completar la partición que tiene menos grupos con subconjuntos vacíos.

En los siguientes capítulos se van a usar estos índices para comparar clasificaciones, así como también se va a utilizar el análisis de la varianza inter y dentro de las clases o grupos.

Para efectos de la comparación entre dos particiones conviene introducir las siguientes denominaciones:

Las particiones *se asemejan muy poco por elementos* si el índice o porcentaje de similitud e es inferior a 0,2 (20%); *se asemejan muy poco por grupos* si el índice de similitud ε es menor que 0,2 (20%). Las particiones simplemente *se asemejan muy poco* si el porcentaje E es inferior a 0,2 (20%).

Las particiones *se asemejan poco por elementos, o se asemejan poco por grupos*, si e , o ε respectivamente, se encuentra en el intervalo $[0,2 ; 0,4 [$. Las particiones simplemente *se asemejan poco* si el porcentaje E está entre 0,2 y 0,4 (abierto).

Las particiones *se asemejan medianamente por elementos, o por grupos*, si el porcentaje e , o ε respectivamente, se encuentra entre 0,4 y 0,6 (abierto). Simplemente las particiones *se asemejan medianamente* si el porcentaje E está en el intervalo semiabierto $[0,4 ; 0,6 [$.

Las particiones *se asemejan bastante por elementos, o por grupos*, si e , o ε respectivamente, está en el intervalo $[0,6 ; 0,8 [$. Las particiones simplemente *se asemejan bastante* si el porcentaje E se encuentra entre 0,6 y 0,8 (abierto).

Las particiones *se asemejan enormemente por elementos, o se asemejan enormemente por grupos*, si el índice e , o respectivamente ε , es mayor o igual a 0,8. Simplemente las particiones *se asemejan enormemente* si el porcentaje E es superior o igual a 0,8 (80%).

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE LOS DATOS EN EL ÁMBITO NACIONAL, SOBRE EL USO DEL SUELO, SEGÚN LOS TRES CENSOS AGROPECUARIOS

5.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo tiene como objetivo presentar los datos nacionales sobre el uso del suelo, según los tres censos agropecuarios, y hacer su análisis, es decir realizar su descripción, presentar sus principales características, reducir la información considerando solamente las tres categorías fundamentales del uso del suelo: labor, pastos y otros usos; y comparar los respectivos datos, correspondientes a los tres censos agropecuarios.

5.2 LOS DATOS NACIONALES, DE USO DEL SUELO, EN LOS TRES CENSOS AGROPECUARIOS

En los siguientes cuadros se presentan los datos que se van a analizar y comparar en este capítulo; el cuadro 5.1 corresponde a las superficies en hectáreas por las seis categorías comunes de uso del suelo, en el ámbito nacional, según los tres censos agropecuarios, el cuadro 5.2 da la respectiva información porcentual.

CUADRO 5.1

Datos nacionales sobre superficies en hectáreas (ha.) por categorías de uso del suelo, según los censos agropecuarios

Censo	SCULPER	SBCULTRD	SPASCUL	SPASNATP	SMONBOS	SOTRTIE
Tercero	1.363.404	1.612.989	3.357.158	1.729.956	3.881.148	411.184
Segundo	855.673	1.320.098	1.851.699	1.139.617	2.308.751	479.426
Primero	315.450	1.244.900	520.800	1.254.520	1.136.410	1.527.800

CUADRO 5.2**Datos nacionales sobre porcentajes por categorías de uso del suelo, según los censos agropecuarios**

Censo	PCULPER	PBCULTRD	PPASCUL	PPASNATP	PMONBOS	POTRTIE
Tercero	11.0%	13.1%	27.2%	14.0%	31.4%	3.3%
Segundo	10.8%	16.6%	23.3%	14.3%	29.0%	6.0%
Primero	5.3%	20.7%	8.7%	20.9%	18.9%	25.5%

5.3 DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS NACIONALES EN CADA CENSO AGROPECUARIO

En el Ecuador de acuerdo al CNA 2000 existe aproximadamente una superficie de 123.560 Km² (es decir 12'356.000 Ha, que representan el 48,2% del territorio nacional) vinculados con personas productoras (o bajo UPAs), de las cuales: el 11,0% se encuentran con cultivos permanentes o perennes, el 13,1% con cultivos transitorios, con barbecho o en descanso, el 27,2% con pastos cultivados, el 14,0% bajo pastos naturales o con páramos, el 31,4% bajo montes y bosques, y por último el 3,3% con otros usos; lo que se expone en el gráfico 5.1 de la página subsiguiente.

En el país, de conformidad con la información del segundo censo agropecuario del año 1974, existía aproximadamente una superficie de 79.550 Km² bajo UPAs (correspondiente al 31,0% del territorio nacional), esta área se encontraba distribuida de la siguiente manera: el 10,8% con cultivos permanentes, el 16,6% con cultivos transitorios, con barbecho o en descanso, el 23,3% con pastos cultivados, el 14,3% bajo pastos naturales o con páramos, el 29,0% bajo montes y bosques, y por último el 6,0% con otros usos; lo que se resume en el gráfico 5.2 de la subsiguiente página.

En cambio en el año de 1954, del primer censo agropecuario, la superficie bajo UPAs sumaban 59.990 Km² (correspondiente al 23,4% del territorio nacional), esta área estaba distribuida así: el 5,3% con cultivos permanentes, el 20,7% con cultivos transitorios, con barbecho o en descanso, el 8,7% con pastos cultivados, el 20,9% bajo pastos naturales o con páramos, el 18,9% bajo montes y bosques, y

por último el 25,5% con otros usos; lo que se resume en el gráfico 5.3 de la página siguiente.

5.4 ANALISIS COMPARATIVO DE LOS DATOS NACIONALES DE USO DEL SUELO

Si se comparan los diagramas circulares de los porcentajes de las seis categorías de uso del suelo en los tres censos agropecuarios, se puede afirmar lo siguiente.

El porcentaje de cultivos permanentes se ha incrementado; en efecto, ha crecido considerablemente del primero al segundo censo, el 5,5% desde 1954 hasta 1974, y muy poco del segundo al tercero, el 0,2% desde 1974 hasta el 2000; en cambio la contribución relativa de los cultivos transitorios es cada vez menor, pues el porcentaje decrece 4,1% en el primer período y 3,5% en el segundo; se puede observar que el porcentaje de labor (tonos verdes en los pasteles) es similar en los tres censos: 26% en el primero, 27,4% en el segundo y 24,1% en el tercer censo agropecuario, aproximadamente la cuarta parte del uso del suelo bajo UPAs, estos porcentajes siempre corresponden a los valores más pequeños entre las tres categorías resumidas de uso del suelo.

El porcentaje de pastos cultivados ha crecido notablemente en ambos períodos intercensales, pero enormemente en el primer período, con un incremento de 14,6%, mientras que del segundo al tercero crece solamente el 3,9%; en cambio la contribución relativa de los pastos naturales es decreciente, disminuye considerablemente en el primer período intercensal, el 6,6% en los 20 primeros años, y decrece muy poco en el segundo período, en 0,3% en los otros 26 años; se puede notar que el porcentaje agregado de pastos, es decir de las tierras dedicadas al pastoreo de ganado, ha sido siempre creciente e importante, abarca aproximadamente del 30 al 40% del uso de la tierra, va del 29,6% en el año 1954 hasta el 41,2% en el año 2000, pasando por el 37,6% en el año 1974; entre las tres categorías resumidas de uso del suelo, es el predominante en los dos últimos censos agropecuarios.

Ref. Gráficos 5.1 al 5.3

Los porcentajes de montes y bosques siempre crecen notablemente, en un 101% entre el primero y el segundo censo, y en un 2,4% en el segundo período intercensal; en cambio el porcentaje de otras tierras en las UPAs tiene una tendencia decreciente, disminuye enormemente en el primer período intercensal, baja el 19,5% entre 1954 y 1974, y decrece en un 2,7% en los 26 años del segundo período; se puede ver que lo dedicado a otros usos, diferentes a los agropecuarios, ha decrecido durante los períodos intercensales, pero siempre ha sido un porcentaje muy grande en todos los censos, pues representa el 44,4% en el primer censo, el 35% en el segundo, y muy similar porcentaje, el 34,7% en el tercer censo; entre las tres categorías resumidas de uso del suelo, es el uso dominante en el primer censo agropecuario del año 1954.

De los gráficos correspondientes a los diagramas circulares de porcentajes de uso de la tierra, a simple vista se puede decir que la estructura del uso del suelo entre el segundo y el tercer censo no ha cambiado tanto como del primer al segundo censo agropecuario.

Para visualizar lo que ha ocurrido con los valores absolutos de las superficies correspondientes a los seis usos de suelo, según los tres censos agropecuarios, y para comparar los datos, en la siguiente página se presenta el gráfico 5.4, que resume la información a nivel nacional.

Al observar el gráfico, se puede afirmar entonces que las superficies de cultivos permanentes, pastos cultivados y las áreas de montes y bosques tienen una tendencia siempre creciente, las superficies de cultivos transitorios (incluidos el barbecho y tierras en descanso) digamos que permanecen casi constantes, crecen algo del segundo al tercer censo; este comportamiento es similar en cuanto a las áreas de pastos naturales y páramos; en cambio la tendencia es decreciente para las superficies correspondientes a otras tierras, que prácticamente son las no productivas, lo que indica que parte de estas tierras se han incorporado a la labranza, es decir a la labor agrícola o siembra de cultivos, o a la actividad pecuaria del pastoreo de ganado.

Ref. Gráficos 5.4 y 5.5

5.5 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS DATOS NACIONALES RESUMIDOS DE USO DEL SUELO

A continuación se presenta, en el cuadro 5.3, la información nacional resumida, considerando solamente las tres categorías fundamentales del uso del suelo: labor, pastos y otros usos, sobre las correspondientes superficies y respectivos porcentajes, en los tres censos agropecuarios.

CUADRO 5.3

Datos nacionales sobre superficies (ha.), y sus respectivos porcentajes, por categorías fundamentales de uso del suelo, según los censos agropecuarios

SLABOR00	SPASTOS00	SOTROSU00	PLABOR00	PPASTOS00	POTROSU00
2.976.393	5.087.114	4.292.332	24,1%	41,2%	34,7%
SLABOR74	SPASTOS74	SOTROSU74	PLABOR74	PPASTOS74	POTROSU74
2.175.771	2.991.316	2.788.177	27,4%	37,6%	35,0%
SLABOR54	SPASTOS54	SOTROSU54	PLABOR54	PPASTOS54	POTROSU54
1.560.350	1.775.320	2.664.210	26,0%	29,6%	44,4%

Estos datos se pueden resumir en el gráfico 5.5, que se presenta en la página anterior, que corresponde a la superficie en las tres categorías de uso de la tierra, según los tres censos agropecuarios, representados mediante un diagrama de barras.

Por tanto, a simple vista, podemos afirmar que al pasar del tiempo se ha ampliado la frontera agrícola, puesto que la superficie bajo UPAs se ha duplicado en los 46 años, desde el primer censo agropecuario (1954) hasta el tercero (2000), creció el 33% entre los dos primeros censos (en 20 años) y el 55% entre los dos últimos censos (en 26 años). De manera semejante casi se ha duplicado la superficie de labor agrícola, creciendo en similares porcentajes en ambos períodos intercensales (aproximadamente el 38%).

Desde el año 1954, hasta el año 2000, la población del país ha pasado de 3'760.000 a 11'920.000 habitantes, y por consiguiente prácticamente se ha triplicado. Sin embargo esta situación no es del todo desalentadora si se comprueba que los rendimientos de los cultivos en el año 2000 son muy

superiores a los del año 1954 (del primer censo) y si se compara además el número de cabezas de ganado vacuno se puede determinar que el mismo se ha multiplicado por 3,7 veces desde 1954 hasta el 2000.

Es necesario recalcar que en términos relativos, el porcentaje que predomina en el primer censo es el que corresponde a otros usos distintos a los agropecuarios, en cambio en el segundo y tercer censo el mayor porcentaje es el relacionado con los pastos, y el porcentaje que ocupa siempre el tercer lugar, en los tres censos agropecuarios, es el que se refiere a la labor agrícola, con aproximadamente el 25% del total de la tierra bajo administración de las Unidades de Producción Agropecuarias.

Es interesante observar que en el segundo y el tercer censo el porcentaje de otros usos prácticamente coincide, y el decrecimiento de la labor en un 3% se compensa a favor del crecimiento de pastos en similar porcentaje; en cambio en el primero y segundo censos casi no cambia el porcentaje de labor, y crece en aproximadamente 8% el porcentaje de pastos, lo que se compensa con un decrecimiento de otros usos en un porcentaje semejante. Lo que permitiría afirmar que en el segundo período intercensal el uso del suelo ha cambiado muy poco (alrededor del 3%) y en el segundo período ha cambiado poco (cerca del 8%); en todo caso se puede decir categóricamente que en el primer período el cambio es mayor al del segundo período.

Este razonamiento ya sugiere una medida del cambio, a nivel nacional, entre un censo y otro, en relación al uso del suelo; considerando los individuos que corresponden a los datos nacionales, del tercer censo $Q_t = (0,24; 0,41; 0,35)$, del segundo $Q_s = (0,27; 0,38; 0,35)$, y del primero $Q_p = (0,26; 0,30; 0,44)$, se podría medir el cambio utilizando la norma de la máxima coordenada; es decir, mediante las distancias:

$$d(Q_s, Q_t) = \| Q_s - Q_t \|_{\infty} \approx 0,03 = 3\% < 9\% = 0,09 \approx \| Q_p - Q_s \|_{\infty} = d(Q_p, Q_s)$$

Para completar el análisis comparativo, a continuación se presentan los colores asociados a los datos nacionales resumidos sobre el uso del suelo, y la representación de estos en el nuevo sistema de coordenadas del plano de ecuación: $x + y + z = 1$.

5.6 LOS COLORES CANÓNICOS DE LOS DATOS NACIONALES

Si se consideran los colores canónicos de los tres individuos correspondientes a los datos nacionales en los tres censos agropecuarios, es decir del Ecuador en los años 1954, 1974 y 2000, denotados Q_p , Q_s y Q_t respectivamente, se tiene que relacionar los porcentajes con los colores mediante la función G definida en el segundo capítulo (con $M=1$, puesto que las variables están entre 0 y 1) es decir:

$$G(Q_t) = G(0,24; 0,41; 0,35) = 255 (0,24; 0,41; 0,35) = (61; 105; 89)$$

$$G(Q_s) = G(0,27; 0,38; 0,35) = 255 (0,27; 0,38; 0,35) = (70; 96; 89)$$

$$G(Q_p) = G(0,26; 0,30; 0,44) = 255 (0,26; 0,30; 0,44) = (66; 75; 113)$$

Relación que se resume en el cuadro 5.4 que se presenta a continuación.

CUADRO 5.4

Datos nacionales sobre porcentajes por categorías de uso del suelo, y sus colores canónicos asociados, según los tres censos agropecuarios

Censo	PLABOR	PPASTOS	POTROSU	VERDENAC	ROJONAC	AZULNAC
Tercero	24,1%	41,2%	34,7%	61	105	89
Segundo	27,4%	37,6%	35,0%	70	96	89
Primero	26,0%	29,6%	44,4%	66	75	113

Estos colores se presentan en el gráfico 5.6 de la siguiente página, de este se concluye que los colores asociados a los dos últimos censos agropecuarios son muy similares, pero no se parecen al color correspondiente al primer censo agropecuario. Lo que quiere decir que los datos porcentuales resumidos de uso del suelo en los dos últimos censo se parecen mas que los datos correspondientes a los dos primeros censos.

Ref. Gráfico 5.6

En efecto cabe recalcar que además de que la distancia entre el primero y segundo censos es mayor a la distancia entre el segundo y tercer censos, se observa que mientras en el primer censo predominan los otros usos, en los dos últimos censos predominan los pastos, y seguido por la categoría de otros usos en ambos censos.

Sin embargo la semejanza se ilustra de manera muy simple al observar los colores, de los mapas del Ecuador, en el gráfico 5.6 de la página anterior.

5.7 CLASIFICACIÓN NACIONAL MEDIANTE CARACTERÍSTICAS MATEMÁTICAS DE ORDEN

En el ámbito nacional existe solamente un elemento en el conjunto A, desde ese punto de vista toda partición siempre tiene un subconjunto de un elemento, y por tanto se podría decir que todas las particiones coinciden. Sin embargo es conveniente, para el análisis comparativo, considerar en que subconjunto de la clasificación, mediante características matemáticas de orden, se encuentra el país en los tres censos agropecuarios.

Si se considera la Partición PS o PB, con la norma $p=1$ y el valor de $R=1/4$, se puede verificar que en el ámbito nacional el Ecuador: Q_t , Q_s y Q_p , de los años 2000, 1974 y 1954 respectivamente, siempre pertenece al primer subconjunto, es decir a la bola de centro $(1/3, 1/3, 1/3)$ y radio $R=1/4$; desde este punto de vista aparentemente no han ocurrido grandes cambios en el uso del suelo a nivel nacional. De manera detallada, tenemos:

Particiones PS y PB para el tercer censo: $S_{o,t} = \{ Q_t \} = B_{o,t}$; y los demás subconjuntos son obviamente vacíos (\emptyset).

Particiones PS y PB para el segundo censo: $S_{o,s} = \{ Q_s \} = B_{o,s}$; y evidentemente los otros subconjuntos iguales al vacío (\emptyset).

Particiones PS y PB para el primer censo: $S_{o,p} = \{ Q_p \} = B_{o,p}$; y los demás subconjuntos son indudablemente iguales al conjunto vacío (\emptyset).

Si se considera la partición PT, el Ecuador pertenece a T_0 en los dos primeros censos, y cambia a T^m_1 en el tercer censo agropecuario. De manera detallada, tenemos:

Partición PT para el tercer censo: $T^m_{1,t} = \{ Q_t \}$; los demás subconjuntos de la partición son vacíos.

Partición PT para el segundo censo: $T_{0,s} = \{ Q_s \}$; los demás subconjuntos de la partición son vacíos.

Partición PT para el primer censo: $T_{0,p} = \{ Q_p \}$; los demás subconjuntos de la partición son vacíos.

Pero más importante que determinar a que subconjunto pertenecen Q_t , Q_s y Q_p , es representarlos de manera exacta en el plano de ecuación: $x + y + z = 1$, lo que se realiza en el siguiente párrafo.

5.8 REPRESENTACIÓN DE LOS DATOS NACIONALES, EN EL PLANO, CON EL NUEVO SISTEMA DE COORDENADAS

Entonces, para tener una idea muy clara sobre la ubicación de los datos nacionales, en los tres censos: Q_p , Q_s y Q_t , en el plano $x+y+z=1$, y observar la evolución que ha tenido el Ecuador en cuanto al uso del suelo, basta considerar la transformación lineal que permite obtener las coordenadas de los individuos, en el plano de ecuación: $x + y + z = 1$, con el nuevo sistema de referencia, es decir la aplicación lineal que se determinó en el último párrafo del capítulo 3.

$$F(p_1, p_2, p_3) = ((p_1 - p_3)/\sqrt{2}; (-p_1 + 2p_2 - p_3)/\sqrt{6}).$$

Entonces, las coordenadas en el nuevo sistema de referencia, para los datos nacionales resumidos de uso del suelo, en los tres censos agropecuarios son:

$$F(Q_t) = F(0,24; 0,41; 0,35) = (- 0,0753 ; 0,0960)$$

$$F(Q_s) = F(0,27; 0,38; 0,35) = (- 0,0544 ; 0,0523)$$

$$F(Q_p) = F(0,26; 0,30; 0,44) = (- 0,1301 ; - 0,0459)$$

Para ubicarlos mejor es conveniente aumentar algunos individuos en la representación gráfica, el primero el centro del triángulo o individuo equilibrado $K=(1/3; 1/3; 1/3)$, y además tres individuos cercanos a los vértices del triángulo:

$$u_1 = (0,68 ; 0,16 ; 0,16) ; u_2 = (0,16 ; 0,68 ; 0,16) ; u_3 = (0,16 ; 0,16 ; 0,68) .$$

Se incluyen estos puntos y no los vértices: $U_1 = (1 ; 0 ; 0) ; U_2 = (0 ; 1 ; 0) ; U_3 = (0 ; 0 ; 1)$, para que en la representación no aparezcan muy pegados los puntos Q_p , Q_s y Q_t .

En el siguiente cuadro 5.5 se presentan los individuos que se van a representar, con sus componentes de labor, pastos y otros usos, y sus respectivas coordenadas en el nuevo sistema de referencia.

CUADRO 5.5

Datos nacionales y adicionales sobre porcentajes por categorías de uso del suelo, y sus coordenadas en el nuevo sistema de referencia

Individuos	PLABOR	PPASTOS	POTROSU	1ª Coordenada	2ª Coordenada
Qt	24.09%	41.17%	34.74%	-0.0753	0.0960
Qs	27.35%	37.60%	35.05%	-0.0544	0.0523
Qp	26.01%	29.59%	44.40%	-0.1301	-0.0459
K	33.33%	33.33%	33.33%	0.0000	0.0000
u1	76.00%	12.00%	12.00%	0.4525	-0.2613
u2	12.00%	76.00%	12.00%	0.0000	0.5226
u3	12.00%	12.00%	76.00%	-0.4525	-0.2613

En el gráfico 5.7 que se muestra en la siguiente página, se representan los datos nacionales, en los tres censos agropecuarios, y los individuos adicionales, en el plano de ecuación: $x + y + z = 1$, mediante sus coordenadas en el nuevo sistema de referencia.

Ref. Gráfico 5.7

En el gráfico 5.7 de la página anterior se comprueba que el cambio (distancia) entre el primer y segundo censo agropecuario es mayor al cambio (distancia) entre el segundo y tercer censo agropecuario; y ha evolucionado (se ha movido) desde el predominio de otros usos hacia el predominio de pastos.

5.9 CLASIFICACIÓN NACIONAL CRUZADA POR LAS TRES VARIABLES

También puede contribuir al análisis comparativo el clasificar a los individuos cruzando las tres variables fundamentales de uso del suelo, con su representación en dos dimensiones, semejante a determinar una tabla de contingencia, o de frecuencias absolutas considerando tres variables, en la que no solo interesa la cardinalidad de los subconjuntos, sino también los individuos que integran cada uno de ellos.

Para obtener un número interesante de subconjuntos, se divide al intervalo $[0 ; 1]$ en cuatro subintervalos de longitud $1/4$, denominados: $G_1 = [0 ; 1/4 [= [0 ; 0,25 [$; $G_2 = [1/4 ; 1/2 [= [0,25 ; 0,5 [$, $G_3 = [1/2 ; 3/4 [= [0,5 ; 0,75 [$, $G_4 = [3/4 ; 1] = [0,75 ; 1]$; es decir: $G_i = [(i - 1)/4 ; i/4 [$, para i desde 1 hasta 4.

Si se consideran para las tres variables los cuatro subintervalos, aparentemente habrían sesenta y cuatro ($64=4^3$) grupos posibles que corresponderían a los productos cartesianos: $G_{i,j,k} = G_i \times G_j \times G_k = \{ (plabor, ppastos, potrosu) : plabor \in G_i ; ppastos \in G_j, y, potrosu \in G_k \}$; pero evidentemente algunos subconjuntos son vacíos, puesto que ningún individuo puede pertenecer por ejemplo a los grupos $G_{i,j,k}$, con $i + j + k > 6$, o también con $i + j + k < 5$.

Por tanto esta clasificación cruzada tendría como máximo 16 subconjuntos diferentes del vacío (uno de ellos, por ejemplo, es el subconjunto: $G_{2,1,2} = \{ (plabor, ppastos, potrosu) : 0,25 \leq plabor < 0,5 ; 0 \leq ppastos < 0,25 ; 0,25 \leq potrosu < 0,5 \}$).

A pesar de que en el ámbito nacional hay un solo individuo en cada censo, a continuación se van a realizar la clasificación cruzada, y el análisis de correspondencias, con el objeto de mostrar los resultados de estos métodos en este caso trivial, pero teniendo en cuenta que estas técnicas se van a aplicar en los ámbitos provincial y cantonal con un considerable número de individuos.

Entonces, para realizar el análisis comparativo, en el ámbito nacional, se debe considerar el conjunto formado por los datos resumidos de uso del suelo del Ecuador, en cada censo agropecuario: $\{Q_t, Q_s, Q_p\}$.

El Ecuador en el tercer censo nacional agropecuario $Q_t = (0,24; 0,41; 0,35)$ pertenece al grupo $G_{1,2,2}$; en el segundo censo agropecuario $Q_s = (0,27; 0,38; 0,35)$ pertenece al grupo $G_{2,2,2}$, y en el primer censo $Q_p = (0,26; 0,30; 0,44)$ también está en $G_{2,2,2}$.

Esta clasificación cruzada por tres variables, se puede representar en el plano de ecuación $z = 0 = \text{potrosu}$ (formado por los ejes: $x = \text{plabor}$, $y = \text{ppastos}$), basándose en la proyección (no ortogonal) de los individuos sobre el mencionado plano en la dirección del eje $z = \text{potrosu}$, y en la agrupación que se obtiene al cruzar las otras dos variables plabor y pastos.

Entonces se obtiene la partición que se muestra en el gráfico 5.8 de la siguiente página, considerando además los tres individuos Q_t , Q_s y Q_p que corresponden a los datos nacionales en los tres censos agropecuarios.

Desde este punto de vista, puesto que dos de los tres individuos se mantienen en el mismo grupo (el $G_{2,2,2}$) y Q_t se sale apenas por una centésima, se ratifica lo expresado en los temas 5.4 y 5.5, es decir que en el ámbito nacional no han ocurrido cambios importantes en cuanto al uso del suelo, que coincide con lo que sostiene la única persona que ha analizado y comparado de manera preliminar los datos de los censos agropecuarios, en cuanto a sus variables estructurales.⁵

⁵ Otanez Guillermo, *Análisis Preliminar de los datos del tercer censo nacional agropecuario*, Proyecto Sica, Quito-Ecuador, 2002.

Ref. Gráfico 5.8

5.10 ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIAS EN EL ÁMBITO NACIONAL

El Análisis Factorial de Correspondencias fue desarrollado por Benzecri (en el año 1963) para descubrir las relaciones entre dos o más variables cualitativas, así como también entre las categorías de cada variable; es un método que tiene como finalidad reducir el número de variables categóricas a unos pocos factores para poder relacionarlas.

Este análisis es una técnica multidimensional que permite establecer la correspondencia entre las categorías de las variables consideradas en el estudio, o en su defecto entre una variable cualitativa y los individuos caracterizados por la distribución condicional de la variable cualitativa. El objetivo es presentar la mayor parte de la información, contenida en una tabla de contingencia, o de frecuencias, o una tabla de datos positivos en la que tenga sentido la suma de casos por filas o por columnas, en uno o varios gráficos que permitan descubrir las relaciones entre las variables, y entre las categorías de cada variable, o en su defecto entre los individuos y las categorías de la variable cualitativa considerada.

Utilizando el programa NCSS (versión 6) con los datos nacionales de uso del suelo, en los tres censos agropecuarios, se presenta en la página siguiente el gráfico 5.9, que sintetiza los resultados del análisis en correspondencias.

El análisis confirma lo que se ha afirmado anteriormente, con los otros análisis realizados; ratifica que el cambio en el segundo período intercensal es menor al ocurrido en el primer período; además de mostrar que hay correspondencia entre los datos del país, en el primer censo (Qp) con la categoría correspondiente a otros usos, en el segundo censo (Qs) con la que corresponde a labor, y en el tercer censo (Qt) con pastos; se incluye en el análisis el individuo equilibrado $K=(1/3,1/3,1/3)$ (para ubicar al centro del triángulo en el que varían los datos). Los resultados detallados del análisis de correspondencias se presentan en el cuadro 2 del anexo 1.

Ref. Gráfico 5.9

5.11 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS NACIONAL DEL USO DEL SUELO

Se puede afirmar que en los períodos intercensales se ha incrementado la frontera agrícola considerablemente, en efecto entre el año 1974 y el 2000 ha crecido en un 55,3%, y entre 1954 y 1974 ha aumentado en un 32,6% ; y por tanto consigue duplicarse desde el primer censo hasta el tercero.

Al comparar el uso del suelo, considerando las seis categorías, se observa que el mayor cambio que ha ocurrido en los dos períodos intercensales es la disminución de las superficies y de los porcentajes correspondientes a la categoría de otras tierras, y el incremento de superficies y porcentajes relacionados con montes y bosques, con pastos naturales, y también con cultivos permanentes.

En cambio el crecimiento de las superficies de cultivos transitorios es pequeño, de modo que sus contribuciones en relación al total, es decir en términos de porcentajes, disminuyen en ambos períodos intercensales. En términos relativos (porcentuales) se puede afirmar que los datos de los dos últimos censos agropecuarios se parecen o asemejan mucho más que los datos de los dos primeros censos.

Si se comparan las tres categorías fundamentales de uso del suelo, se observa que en general las superficies se han incrementado en los dos períodos intercensales.

Las áreas de pastos crecen en forma notable, puesto que se incrementan de un censo a otro en porcentajes cercanos al 70%, los pastos llegan entonces casi a triplicarse del primer al tercer censo agropecuario.

Las superficies de labor se incrementan también en buena forma con porcentajes vecinos al 38% en ambos períodos, llegando a casi duplicarse desde el año 1954 hasta el 2000.

En cuanto a las superficies correspondientes a otros usos, el incremento en el primer período es de apenas el 5% comparado con el crecimiento en el segundo período que es del 54%, se consigue entonces en los 46 años un aumento de estas áreas de aproximadamente el 60% (es decir llega a multiplicarse por 1,6 desde el primer censo hasta el tercero).

Sin embargo, se puede afirmar que el uso del suelo, en términos relativos (porcentajes), ha cambiado poco, especialmente en el segundo período intercensal; en efecto, en los dos últimos censos, correspondientes a los años 2000 y 1974, dominan los pastos, le sigue el grupo de los otros usos y finalmente la categoría correspondiente a la labor agrícola, además los valores de sus porcentajes se parecen bastante. Existe cierta diferencia con el primer censo, puesto que, en el año 1954, la categoría correspondiente a otros usos domina a la de los pastos y siempre menor está la que se refiere a la labor agrícola.

En general la contribución de las superficies de labor respecto al total se mantienen mas o menos estables en los tres censos, su aporte es de alrededor de la cuarta parte; en ambos períodos intercensales ha crecido substancialmente el aporte correspondiente a los pastos, disminuyendo el relacionado con los otros usos especialmente en el primer período.

De los resultados del párrafo 5.4, y de las representaciones de los datos en el plano, se puede decir que el uso del suelo, en el ámbito nacional, cambia poco (en un 9%) del primer al segundo censo, y se transforma muy poco (en un 3%) del segundo al tercer censo, lo que se justifica con los valores de las distancias asociadas a la norma de la máxima componente; en particular se puede afirmar que el cambio en el primer período intercensal de veinte años (de 1954 a 1974) es mayor al cambio en el segundo período de 26 años (desde 1974 hasta el 2000).

En el cuadro 5.6 se muestra el resumen de la clasificación PB y PT, que concierne a los datos nacionales de uso del suelo en los tres censos agropecuarios.

CUADRO 5.6

Resumen de la clasificación PB y PT, que corresponde a los datos nacionales de uso del suelo, en los tres censos agropecuarios

INDIVIDUOS-GRUPOS	COD	B ₀	B _{1,2,3}	B _{1,3,2}	B _{2,1,3}	B _{2,3,1}	B _{3,1,2}	B _{3,2,1}	T ₀	T ^m ₁	T ^m ₂	T ^m ₃	T ^m ₁	T ^m ₂	T ^m ₃
Ecuador Primer Censo	Qp	X							X						
Ecuador Segundo Censo	Qs	X							X						
Ecuador Tercer Censo	Qt	X											X		

En el cuadro 5.7 se muestra el resumen de la clasificación cruzada, correspondiente a los datos de uso del suelo, considerando los tres censos agropecuarios, a nivel nacional.

CUADRO 5.7

Resumen de la clasificación cruzada, que corresponde a los datos nacionales de uso del suelo, en los tres censos agropecuarios

INDIVIDUOS-GRUPOS	COD	I _{1,1,4}	I _{1,1,3}	I _{1,2,3}	I _{1,2,2}	I _{1,3,2}	I _{1,3,1}	I _{1,4,1}	I _{2,1,3}	I _{2,1,2}	I _{2,2,2}	I _{2,2,1}	I _{2,3,1}	I _{3,1,2}	I _{3,1,1}	I _{3,2,1}	I _{4,1,1}
Ecuador Primer C.	Qp										X						
Ecuador Segundo C.	Qs										X						
Ecuador Tercer C.	Qt				X												

Entonces, si se considera que el Ecuador en el primero y segundo censo permanece en las mismas categorías, aparentemente en el primer período intercensal se han producido menos cambios que en el segundo período; sin embargo si se observa la representación de los individuos en el plano, la distancia entre Q_p y Q_s es mayor a la distancia entre Q_s y Q_t, en efecto si se calcula la distancia euclidiana entre los datos nacionales de los dos primeros censos: $D_{p,s}(Q) = d(Q_p; Q_s) = \|Q_s - Q_p\|_2 = d(Q_s; Q_p) = D_{s,p}(Q)$, se determina que: $D_{p,s}(Q) = 0,1239 \approx 0,12$; mientras que la distancia euclidiana entre los dos últimos censos es igual a: $D_{s,t}(Q) = d(Q_s; Q_t) = \|Q_t - Q_s\|_2 = 0,0485 \approx 0,05$ (valores que dan una medida de los cambios ocurridos en cada período intercensal).

Por tanto el cambio, en el uso del suelo, ocurrido entre los dos primeros censos ($D_{p,s}(Q) \approx 0,12$) ha sido aproximadamente 2,4 veces el cambio acontecido entre los dos últimos censos ($D_{s,t}(Q) \approx 0,05$), en el ámbito nacional.

Entonces, una medida de cuanto ha cambiado el uso del suelo, a nivel nacional, podría ser la suma de las dos distancias consideradas más la distancia entre el primero y el tercer censo agropecuario, es decir: $D(Q) = D_{p,s}(Q) + D_{s,t}(Q) + D_{p,t}(Q)$.

Teniendo en cuenta que: $D_{p,t}(Q) = d(Q_p; Q_t) = \| Q_t - Q_p \|_2 = 0,1521 \approx 0,15$, en el ámbito nacional, se establece entonces que: $D(Q) = 0,3244 \approx 0,32$.

Esta medida no aporta gran cosa cuando se considera únicamente un individuo, sin embargo si en el análisis intervienen algunos individuos, permite evidentemente realizar comparaciones que pueden brindar conclusiones interesantes, como por ejemplo al considerar las provincias o los cantones como individuos.

CAPÍTULO 6

ANÁLISIS DE LOS DATOS EN EL ÁMBITO PROVINCIAL, SOBRE EL USO DEL SUELO, SEGÚN LOS TRES CENSOS AGROPECUARIOS

6.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo tiene como objetivo presentar los datos provinciales sobre el uso del suelo, según los tres censos agropecuarios, reducir la información considerando solamente las tres categorías fundamentales del uso del suelo: labor, pastos y otros usos, y hacer su análisis, es decir realizar su descripción, presentar sus principales características, clasificar a las provincias, utilizando técnicas jerárquicas de clasificación y características matemáticas de orden, comparar las particiones obtenidas, representar las provincias en el plano que contiene a los datos, y confrontar con algunos resultados del análisis en componentes principales, y representar los colores asociados con los datos en los mapas correspondientes, de manera que se pueda cumplir con el objetivo de comparar los datos correspondientes a los tres censos agropecuarios, y determinar los cambios que han ocurrido en el uso del suelo.

6.2 LOS DATOS PROVINCIALES RESUMIDOS, DE USO DEL SUELO, EN LOS TRES CENSOS AGROPECUARIOS

En los siguientes cuadros se presentan los datos resumidos, sobre las áreas provinciales, considerando solamente las tres categorías fundamentales del uso del suelo, que se van a analizar y comparar en este capítulo; corresponden por consiguiente a las superficies en hectáreas por las tres clases principales de uso del suelo: labor, pastos y otros usos, en el ámbito provincial, según los tres censos agropecuarios.

CUADRO 6.1

Datos provinciales compendiados sobre uso del suelo, según el tercer censo nacional agropecuario, del año 2000

OBS	PRVN2000	PRVC2000	STOTAL00	SLABOR00	SPASTOS00	SOTRSU00
1	AZUAY	A	612.100	72.922	329.248	209.930
2	BOLÍVAR	B	380.812	100.762	189.011	91.039
3	CAÑAR	C	258.230	62.549	120.567	75.114
4	CARCHI	R	174.206	31.167	86.607	56.432
5	COTOPAXI	X	457.197	130.066	212.906	114.225
6	CHIMBORAZO	H	471.445	130.970	265.048	75.427
7	EL ORO	O	457.026	103.080	245.586	108.360
8	ESMERALDAS	E	785.843	181.116	263.151	341.576
9	GUAYAS	Y	1.315.023	506.819	330.734	477.470
10	IMBABURA	F	283.662	68.211	111.160	104.291
11	LOJA	J	994.852	139.112	494.009	361.731
12	LOS RIOS	L	637.311	473.578	101.715	62.018
13	MANABI	M	1.583.662	375.830	835.964	371.868
14	MORONA	U	891.435	48.409	375.258	467.768
15	NAPO	N	288.423	33.252	119.793	135.378
16	PASTAZA	V	430.303	15.262	64.891	350.150
17	PICHINCHA	P	925.742	205.887	489.245	230.610
18	TUNGURAHUA	T	204.081	48.913	116.290	38.878
19	ZAMORA	Z	446.905	38.318	181.550	227.037
20	GALÁPAGOS	G	23.428	2.748	14.156	6.524
21	SUCUMBIOS	S	356.484	73.912	60.068	222.504
22	ORELLANA	W	250.170	65.235	36.701	148.234
23	ZONAS NO ASIGNADAS	D	127.499	68.275	43.456	15.768
24	PROMEDIO	Q	537.210	129.408	221.178	186.624
25	INTERMEDIA	I	537.210	127.133	221.371	188.706
26	EQUILIBRADA	K	537.210	179.070	179.070	179.070

En algunos análisis se van a considerar las provincias ficticias denominadas: provincia Promedio (Q) que representa a las medias de las superficies en cada una de las tres categorías; provincia Intermedia (I) en la que sus superficies han sido determinadas de manera que correspondan a los promedios de los tres porcentajes fundamentales; y la provincia Equilibrada (K), con sus superficies iguales, y cuyos porcentajes de uso del suelo son iguales a 1/3, es decir reparte equitativamente las superficies de labor, pastos y otros usos (el 33,33% para cada categoría de uso de la tierra).

Se debe mencionar que las provincias de Orellana y Sucumbíos todavía no existían en el año 1974, estas se forman con cierta parte de la provincia de Napo; sin embargo, para efectos de comparación de los datos, las dos provincias aparecen entre paréntesis en la tabla de los datos del año 1974; es decir los datos de la provincia de Napo se encuentran, en el cuadro 6.2, fragmentados en las tres partes que en un futuro conformarían las tres provincias involucradas en la partición de la provincia de Napo, que son las que ya se mencionaron: Orellana, Sucumbíos, y la otra parte que heredó el nombre y siguió llamándose Napo.

CUADRO 6.2

Datos provinciales compendiados sobre uso del suelo, según el segundo censo nacional agropecuario, del año 1974

OBS	PRVN1974	PRVC1974	STOTAL74	SLABOR74	SPASTOS74	SOTROSU74
1	AZUAY	A	234.561	62.763	100.179	71.619
2	BOLÍVAR	B	199.224	72.670	80.137	46.417
3	CAÑAR	C	140.855	48.428	60.956	31.471
4	CARCHI	R	148.156	36.711	70.050	41.395
5	COTOPAXI	X	330.944	99.534	160.912	70.498
6	CHIMBORAZO	H	380.124	127.230	219.796	33.098
7	EL ORO	O	301.743	85.760	144.518	71.465
8	ESMERALDAS	E	517.665	113.741	135.372	268.552
9	GUAYAS	Y	1.052.060	383.055	352.463	316.542
10	IMBABURA	F	219.117	67.541	79.012	72.564
11	LOJA	J	430.860	101.556	204.307	124.997
12	LOS RIOS	L	558.015	290.458	174.647	92.910
13	MANABI	M	1.274.157	337.854	487.895	448.408
14	MORONA	U	423.157	24.504	134.895	263.758
15	NAPO (Napo)	N	189.151	17.264	43.797	128.090
16	PASTAZA	V	88.108	7.679	28.926	51.503
17	PICHINCHA	P	845.046	205.396	338.319	301.331
18	TUNGURAHUA	T	148.874	46.847	70.622	31.405
19	ZAMORA	Z	202.533	13.412	64.666	124.455
20	GALÁPAGOS	G	18.690	2.047	9.314	7.329
21	NAPO (Sucumbíos)	S	94.850	6.382	7.063	81.405
22	NAPO (Orellana)	W	104.004	8.115	8.784	87.105
23	ZONAS NO ASIGNADAS	D	53.370	16.824	14.686	21.860
24	PROMEDIO	Q	345.881	94.599	130.056	121.225
25	INTERMEDIA	I	345.881	82.522	126.481	136.879
26	EQUILIBRADA	K	345.881	115.316	115.280	115.285

Se debe recordar que en el primer censo agropecuario, del año 1954, no se levantó la información en las provincias de la región Amazónica, que se encuentran en el oriente del país, por cuanto había muy poca actividad

agropecuaria; los datos sobre uso de la tierra, en las provincias de la región Costa y de la Sierra, se presentan a continuación.

CUADRO 6.3

Datos provinciales compendiados sobre uso del suelo, según el primer censo agropecuario, del año 1954

OBS	PRVN1954	PRVC1954	STOTAL54	SLABOR54	SPASTOS54	SOTROSU54
1	AZUAY	A	249.920	70.020	69.800	110.100
2	BOLÍVAR	B	269.700	77.000	63.100	129.600
3	CAÑAR	C	122.920	35.820	28.100	59.000
4	CARCHI	R	186.800	38.300	74.100	74.400
5	COTOPAXI	X	395.120	69.120	230.900	95.100
6	CHIMBORAZO	H	315.630	105.520	126.000	84.110
7	EL ORO	O	199.600	59.700	48.800	91.100
8	ESMERALDAS	E	171.600	58.600	39.400	73.600
9	GUAYAS	Y	1.023.900	235.800	252.800	535.300
10	IMBABURA	F	226.120	58.720	56.500	110.900
11	LOJA	J	495.200	91.000	189.300	214.900
12	LOS RIOS	L	602.000	196.200	101.700	304.100
13	MANABI	M	982.220	300.300	239.920	442.000
14	PICHINCHA	P	618.140	120.740	207.100	290.300
15	TUNGURAHUA	T	141.010	43.510	47.800	49.700
16	PROMEDIO	Q	399.992	104.023	118.355	177.614
17	INTERMEDIA	I	399.992	107.231	121.663	171.098
18	EQUILIBRADA	K	399.992	133.331	133.331	133.331

6.3 DESCRIPCIÓN DE ALGUNOS DATOS PROVINCIALES, DE SUPERFICIES Y PORCENTAJES, SOBRE EL USO DEL SUELO

En cuanto a las superficies bajo UPAs en el ámbito provincial, es decir las fronteras agrícolas provinciales, se puede afirmar que del segundo al tercer censo han crecido considerablemente todas las provincias de la región Amazónica, entre las que principalmente se destaca la provincia de Pastaza que, del año 1.974 al 2.000, se multiplica por 4,9 (casi llega a quintuplicarse).

En las otras dos regiones, Costa y Sierra, las provincias que más se han ampliado en el segundo período intercensal (desde 1974 hasta el año 2000) son las del sur de la Sierra: Azuay, donde se incrementa aproximadamente por 2,5 veces, Loja y Cañar, en las que prácticamente se duplican las superficies bajo UPAs, y durante el primer período intercensal (desde 1954 hasta 1974) la provincia de mayor crecimiento es: Esmeraldas (del norte de la Costa) en donde prácticamente se

triplica la superficie bajo UPAs, y le sigue muy atrás la provincia de El Oro (del sur de la Costa) con un crecimiento aproximado del 50%, que curiosamente mantiene en ambos períodos intercensales.

Es interesante observar que exceptuando las provincias de la región Amazónica, por cuanto no se las censaron en 1954, la provincia de Esmeraldas es la que más ha ampliado su frontera agrícola, considerando los dos períodos intercensales, en efecto su superficie bajo UPAs ha crecido 4,6 veces desde el primer censo agropecuario (1954) hasta el tercero (2000).

En otras provincias la frontera agrícola prácticamente no ha cambiado, como Carchi en la Sierra y Los Ríos en la Costa; sin embargo, en el caso de la provincia de Los Ríos, el uso del suelo ha variado considerablemente, las superficies dedicadas a otros usos decrecen con el pasar del tiempo, y en parte se incorporan en favor de las áreas de labor agrícola.

Para observar los cambios ocurridos durante los períodos intercensales, en las seis provincias que se han mencionado, en las dos páginas siguientes se presentan los gráficos 6.1 al 6.6 de barras correspondientes al uso del suelo.

La superficie bajo UPAs en el Ecuador (123.560 Km^2) representa casi la mitad del área de todo el país; sin embargo en las provincias esta razón puede ser muy diferente, es decir la relación varía considerablemente en el nivel provincial, por ejemplo en Galápagos apenas el 2,9 % de su superficie se encuentra bajo UPAs, mientras que en Loja el 90,2 % de su área se encuentra bajo UPAs.

Sin embargo, desde el punto de vista de este estudio, el uso del suelo en estas dos provincias mencionadas (Galápagos y Loja) podría ser similar, en el sentido de que las personas productoras tienden a utilizar la tierra de manera semejante; en ambas provincias pudieran ser parecidos los porcentajes de superficie dedicadas a la labor agrícola, a los pastos, y a los otros usos.

Ref. Gráficos 6.1 al 6.3

Ref. Gráficos 6.4 al 6.6

Por este motivo es más importante comparar lo ocurrido con el uso del suelo en los tres censos, en el sentido de la utilización de las tierras bajo UPAs que establecen los productores agropecuarios, es decir desde el punto de vista relativo, y no en términos absolutos de áreas.

Además, y de hecho, existen provincias muy grandes y muy pequeñas en cuanto a superficies, pero sus productores pueden tener similares características al usar el suelo; lo que corresponde entonces a analizar los porcentajes provinciales del uso del suelo, considerando las tres categorías compendiadas: labor, pastos y otros usos.

A continuación, en los cuadros 6.4 , 6.5 y 6.6 se presentan los datos provinciales resumidos relativos del uso del suelo, según los tres censos agropecuarios, obviamente los porcentajes, se obtuvieron de los cuadros anteriores 6.1, 6.2 y 6.3, dividiendo la respectiva superficie para el área total provincial.

CUADRO 6.4

Porcentajes provinciales compendiados sobre uso del suelo, según el tercer censo nacional agropecuario, del año 2000

OBS	PRVN2000	PRVC2000	PTOTAL00	PLABOR00	PPASTOS00	POTRSU00
1	AZUAY	A	100%	11,91%	53,79%	34,30%
2	BOLÍVAR	B	100%	26,46%	49,63%	23,91%
3	CAÑAR	C	100%	24,22%	46,69%	29,09%
4	CARCHI	R	100%	17,89%	49,72%	32,39%
5	COTOPAXI	X	100%	28,45%	46,57%	24,98%
6	CHIMBORAZO	H	100%	27,78%	56,22%	16,00%
7	EL ORO	O	100%	22,55%	53,74%	23,71%
8	ESMERALDAS	E	100%	23,05%	33,49%	43,47%
9	GUAYAS	Y	100%	38,54%	25,15%	36,31%
10	IMBABURA	F	100%	24,05%	39,19%	36,77%
11	LOJA	J	100%	13,98%	49,66%	36,36%
12	LOS RIOS	L	100%	74,31%	15,96%	9,73%
13	MANABI	M	100%	23,73%	52,79%	23,48%
14	MORONA	U	100%	5,43%	42,10%	52,47%
15	NAPO	N	100%	11,53%	41,53%	46,94%
16	PASTAZA	V	100%	3,55%	15,08%	81,37%
17	PICHINCHA	P	100%	22,24%	52,85%	24,91%
18	TUNGURAHUA	T	100%	23,97%	56,98%	19,05%

19	ZAMORA	Z	100%	8,57%	40,62%	50,80%
20	GALÁPAGOS	G	100%	11,73%	60,42%	27,85%
21	SUCUMBIOS	S	100%	20,73%	16,85%	62,42%
22	ORELLANA	W	100%	26,08%	14,67%	59,25%
23	ZONAS NO ASIGNADAS	D	100%	53,55%	34,08%	12,37%
24	PROMEDIO	Q	100%	24,09%	41,17%	34,74%
25	INTERMEDIA	I	100%	23,67%	41,21%	35,13%
26	EQUILIBRADA	K	100%	33,33%	33,33%	33,33%

CUADRO 6.5

Porcentajes provinciales compendiados sobre uso del suelo, según el segundo censo nacional agropecuario, del año 1974

OBS	PRVN1974	PRVC1974	PTOTAL74	PLABOR74	PPASTOS74	POTROSU74
1	AZUAY	A	100%	26,76%	42,71%	30,53%
2	BOLÍVAR	B	100%	36,48%	40,22%	23,30%
3	CAÑAR	C	100%	34,38%	43,28%	22,34%
4	CARCHI	R	100%	24,78%	47,28%	27,94%
5	COTOPAXI	X	100%	30,08%	48,62%	21,30%
6	CHIMBORAZO	H	100%	33,47%	57,82%	8,71%
7	EL ORO	O	100%	28,42%	47,89%	23,68%
8	ESMERALDAS	E	100%	21,97%	26,15%	51,88%
9	GUAYAS	Y	100%	36,41%	33,50%	30,09%
10	IMBABURA	F	100%	30,82%	36,06%	33,12%
11	LOJA	J	100%	23,57%	47,42%	29,01%
12	LOS RIOS	L	100%	52,05%	31,30%	16,65%
13	MANABI	M	100%	26,52%	38,29%	35,19%
14	MORONA	U	100%	5,79%	31,88%	62,33%
15	NAPO (Napo)	n	100%	9,13%	23,15%	67,72%
16	PASTAZA	V	100%	8,72%	32,83%	58,45%
17	PICHINCHA	P	100%	24,31%	40,04%	35,66%
18	TUNGURAHUA	T	100%	31,47%	47,44%	21,10%
19	ZAMORA	Z	100%	6,62%	31,93%	61,45%
20	GALÁPAGOS	G	100%	10,95%	49,83%	39,21%
21	NAPO (Sucumbíos)	S	100%	6,73%	7,45%	85,82%
22	NAPO (Orellana)	W	100%	7,80%	8,45%	83,75%
23	ZONAS NO ASIGNADAS	D	100%	31,52%	27,52%	40,96%
24	PROMEDIO	Q	100%	27,35%	37,60%	35,05%
25	INTERMEDIA	I	100%	23,86%	36,57%	39,57%
26	EQUILIBRADA	K	100%	33,34%	33,33%	33,33%

CUADRO 6.6

Porcentajes provinciales compendiados sobre uso del suelo, según el primer censo agropecuario, del año 1954

OBS	PRVN1954	PRVC1954	PTOTAL54	PLABOR54	PPASTOS54	POTROSU54
1	AZUAY	A	100%	28,02%	27,93%	44,05%
2	BOLÍVAR	B	100%	28,55%	23,40%	48,05%
3	CAÑAR	C	100%	29,14%	22,86%	48,00%
4	CARCHI	R	100%	20,50%	39,67%	39,83%

5	COTOPAXI	X	100%	17,49%	58,44%	24,07%
6	CHIMBORAZO	H	100%	33,43%	39,92%	26,65%
7	EL ORO	O	100%	29,91%	24,45%	45,64%
8	ESMERALDAS	E	100%	34,15%	22,96%	42,89%
9	GUAYAS	Y	100%	23,03%	24,69%	52,28%
10	IMBABURA	F	100%	25,97%	24,99%	49,04%
11	LOJA	J	100%	18,38%	38,23%	43,40%
12	LOS RIOS	L	100%	32,59%	16,89%	50,51%
13	MANABI	M	100%	30,57%	24,43%	45,00%
14	PICHINCHA	P	100%	19,53%	33,50%	46,96%
15	TUNGURAHUA	T	100%	30,86%	33,90%	35,25%
16	PROMEDIO	Q	100%	26,01%	29,59%	44,40%
17	INTERMEDIA	I	100%	26,81%	30,42%	42,78%
18	EQUILIBRADA	K	100%	33,33%	33,33%	33,33%

Para analizar y comparar los datos porcentuales provinciales de uso del suelo, en los siguientes párrafos se van a determinar colores canónicos asociados, clasificar a las provincias, comparar las particiones obtenidas, y representarlas en el plano que contiene a los datos; se debe notar que la provincia promedio (Q) coincide obviamente con los datos nacionales porcentuales del Ecuador.

6.4 LOS COLORES CANÓNICOS DE LOS DATOS PROVINCIALES

Recordemos que los colores canónicos asociados a los datos provinciales, están relacionados mediante la homotecia de escalar 255, es decir la aplicación lineal definida por: $G(p_1; p_2; p_3) = 255 (p_1; p_2; p_3) = (255p_1; 255p_2; 255p_3)$, donde la primera componente corresponde al color verde, la segunda al rojo y la tercera al azul, es decir: $(255p_1; 255p_2; 255p_3) = (\text{verde}; \text{rojo}; \text{azul})$.

Por consiguiente es muy simple determinar el color asociado a una determinada provincia, el mismo que se va a representar el mapa correspondiente; por ejemplo, el color de la provincia del Azuay en el año de 1974, del segundo censo nacional agropecuario, es entonces: $255 (0,2676; 0,4271; 0,3053) = (68; 109; 78) = (\text{verde}, \text{rojo}, \text{azul})$.

En el gráfico 6.7, de la siguiente página, en el mapa provincial del Ecuador del año 2000, se representan los colores canónicos de los datos provinciales compendiados de uso del suelo, correspondientes al tercer censo agropecuario.

Ref. Gráfico 6.7

En el gráfico 6.8, de la página siguiente, en el mapa provincial del Ecuador del año 1974, que corresponde al segundo censo agropecuario, se representan los datos provinciales resumidos de uso del suelo, mediante sus colores canónicos.

En el gráfico 6.9, de la página subsiguiente, se representan los datos provinciales de uso del suelo, correspondiente al primer censo agropecuario, por medio de los colores canónicos, en el mapa provincial del Ecuador del año 1954,

Puesto que se han representado los datos por medio de los colores provinciales canónicos, al comparar los colores de las provincias de los respectivos mapas se están cotejando los datos provinciales, entonces si se verifican muchas variaciones cromáticas se puede afirmar que la estructura del sector agropecuario ha variado considerablemente, en cuanto tiene que ver con la utilización de la tierra en el ámbito provincial.

Para que se pueda comparar fácilmente los colores provinciales canónicos, que corresponden a los datos provinciales de uso del suelo en los tres censos agropecuarios, se presenta en el gráfico 6.10 de la página ulterior, los tres mapas provinciales del Ecuador en conjunto.

En general se puede observar que en el mapa del año 2000 predominan en muchas provincias los tonos rojos, es decir en ellas predominan los pastos; en los años 1974 y 2000 dominan en algunas provincias del oriente el color el azul indigo, que denota predominio de otros usos, y el violeta (mezcla de azul con rojo) que está asociado al dominio de otros usos seguido de una buena componente de pastos, y en la sierra domina el color caqui (combinación de rojo con verde), lo que significa que en esas provincias el dominio es de pastos con labor.

Los colores sirven también para identificar de una manera sencilla las provincias que son similares, basados en que colores parecidos corresponden a datos cercanos; por ejemplo, para los datos provinciales resumidos de uso del suelo, correspondientes a los tres censos agropecuarios, se podría realizar la siguiente clasificación, que se presenta en el cuadro 6.7 a continuación (de los gráficos).

Ref. Gráfico 6.8

Ref. Gráfico 6.9

Ref. Gráfico 6.10

CUADRO 6.7

Clasificación usando similitud de colores canónicos asociados a los datos provinciales resumidos de uso del suelo, en los tres censos agropecuarios

COLOR	PROVINCIAS (t)	PROVINCIAS (s)	PROVINCIAS (p)
Azul Indigo	Wt, St, Vt	Ss, Ws, Ns	Bp, Cp, Fp, Yp, Lp
Caqui	Bt, Mt, Ot, Tt, Xt, Ht	Bs, Cs, Xs, Ts, Os, Hs	
Gris	Ct, Ft	As, Fs, Js, Ms, Ps, Rs	Ap, Hp, Tp
Rojo Ladrillo	At, Gt, Jt, Pt, Rt,	Gs	Xp
Turquesa			Ep, Mp, Op
Verde Bosque	Yt, Lt, Dt	Ds, Ys, Ls	
Violeta	Et, Nt, Ut, Zt	Es, Us, Vs, Zs	Jp, Pp, Rp

Resulta interesante observar que nueve provincias: Cotopaxi, Tungurahua, El Oro, Imbabura, Chimborazo, Pastaza, Orellana, Los Ríos y Guayas se mantienen en el mismo grupo en el segundo y tercer censo; pero solamente Azuay y Chimborazo permanecen invariantes del primero al segundo censo; por consiguiente únicamente Chimborazo no cambia de grupo en los tres censos agropecuarios.

Es importante y resulta fácil apreciar también la evolución que han tenido las provincias, por ejemplo la provincia de Imbabura pasa del color azul índigo en el primer censo, que indica un predominio de otros usos, al color gris en los dos últimos censos, que significa que las tres categorías están balanceadas o que no existe un dominio marcado de ninguna de las tres categorías; pero la provincia que sobresale en su transformación es Los Ríos, que en el año de 1954 tiene una fuerte componente de azul, que indica un predominio marcado de otros usos, y cambia a verde bosque (claro) en el año 1974, y verde bosque (muy claro) en el 2000, lo que evidentemente significa un marcado predominio de la categoría de labor agrícola especialmente en el tercer censo agropecuario.

Es obvio que un experto en colores, por ejemplo un pintor, puede identificar, posiblemente de manera más acertada, las componentes básicas que intervienen en los colores; lo que si resulta relativamente fácil es apreciar los colores afines con el objeto de realizar una partición en clases con elementos similares.

6.5 CLASIFICACIÓN PROVINCIAL MEDIANTE CARACTERÍSTICAS MATEMÁTICAS DE ORDEN

A continuación, para analizar y comparar los datos provinciales, se determinarán las particiones PB (con la norma $p=1$) y PT de las provincias, para los tres censos realizados, empezando con los datos del último censo agropecuario, del año 2000, y luego con los otros dos censos agropecuarios de 1974 y de 1954.

En el primer caso, donde las provincias son los individuos correspondientes al tercer censo agropecuario del año 2000, para la partición PB considerando la norma euclidiana, valores convenientes de R se encuentran entre: 0,15 y 0,16.

Como ya se mencionó en el capítulo 3, resulta conveniente en la partición PB, considerar la norma $p=1$, y con un valor de R cercano a $1/3$.

Un valor conveniente de R, para comparar los datos provinciales en los tres censos, es igual a $1/4$.

Considerando la norma $p=1$, y el valor de $R=1/4$, se presenta a continuación la partición PB que se obtiene con los datos provinciales, de uso del suelo, correspondientes al tercer censo agropecuario del año 2000 (usando un subíndice inicial, con la letra t, en los subconjuntos, para distinguir entre los censos).

Subconjunto donde las categorías de uso del suelo están equilibradas:

$$B_{t,0} = \{ E, Y, F \} \cup \{ Q, I, K \} \\ = \{ \text{Esmeraldas, Guayas, Imbabura} \} \cup \{ \text{Promedio, Intermedia, Equilibrada} \}$$

Subconjunto donde domina el porcentaje de Labor y luego Pastos:

$$B_{t,1,2,3} = \{ L, D \} = \{ \text{Los Ríos, Zonas No Asignadas} \}$$

Subconjunto donde domina el porcentaje de Labor y luego Otros Usos:

$$B_{t,1,3,2} = \emptyset$$

Subconjunto donde domina el porcentaje de Pastos y luego Labor:

$$B_{t,2,1,3} = \{ B, X, H, M, T \} = \{ \text{Bolívar, Cotopaxi, Chimborazo, Manabí, Tungurahua} \}$$

Subconjunto donde domina el porcentaje de Pastos y luego Otros Usos:

$$B_{t,2,3,1} = \{ A, C, R, O, J, P, G \} \\ = \{ \text{Azuay, Cañar, Carchi, El Oro, Loja, Pichincha, Galápagos} \}$$

Subconjunto donde domina el porcentaje de Otros Usos y luego Labor:

$$B_{t,3,1,2} = \{ S, W \} = \{ \text{Sucumbíos, Orellana} \}$$

Subconjunto donde domina el porcentaje de Otros Usos y luego Pastos:

$$B_{t,3,2,1} = \{ U, N, V, Z \} = \{ \text{Morona Santiago, Napo, Pastaza, Zamora Chinchipe} \}$$

En el gráfico 6.11, en la página siguiente, se representa la partición PB, en el mapa provincial del Ecuador del año 2000, es decir se evidencian los subconjuntos $B_{t,0}$; $B_{t,1,2,3}$; ... , $B_{t,3,2,1}$; asignando a sus elementos el color correspondiente a su respectivo centro de gravedad (o promedio), de esta manera el color del subconjunto, es el color que más se asemeja a los colores canónicos de los elementos que lo conforman.

Por ejemplo, para asignar el color de los elementos de $B_{t,0}$, sin las provincias agregadas ficticias, es decir a los individuos del conjunto $\{ E, Y, F \}$ se les representa mediante el promedio, o centro de gravedad, de los respectivos colores canónicos, es decir:

$$\text{Para } E = \text{Esmeraldas: } F (0,2305 ; 0,3349 ; 0,4347) = (59 ; 85 ; 111)$$

$$\text{Para } Y = \text{Guayas : } F (0,3854 ; 0,2515 ; 0,3631) = (98 ; 64 ; 93)$$

$$\text{Para } F = \text{Imbabura: } F (0,2405 ; 0,3919 ; 0,3677) = (61 ; 100 ; 94)$$

Entonces el color del centro de gravedad es: (Verde, Rojo, Azul) = (73 ; 83 ; 99)

Ref. Gráfico 6.11

Se debe recordar que se ha elegido: la primera componente, para el porcentaje de labor, el color verde; la segunda componente, para pastos, el color rojo; y la tercera componente, para otros usos, el color azul.

Resumiendo, para representar el color de un subconjunto de la partición PB, se elige el color asociado al centro de gravedad de los elementos que conforman el subconjunto; sería conveniente comparar los colores del gráfico 6.11 de la clasificación realizada, con los colores provinciales canónicos del gráfico 6.7.

Cuando se representen las provincias en el plano de ecuación: $x + y + z = 1$, se podrá apreciar también la conformación de la partición PB provincial, correspondiente al tercer censo agropecuario.

A continuación se muestra la partición PB que se obtiene de los datos provinciales de uso del suelo, que corresponden al segundo censo agropecuario del año 1974 (usando un subíndice inicial, con la letra s, en los subconjuntos de la partición).

Subconjunto donde las categorías de uso del suelo están equilibradas:

$$B_{s,0} = \{ A, B, C, Y, F, M, P, d \} \cup \{ Q, I, K \}$$

$$= \{ \text{Azuay, Bolívar, Cañar, Guayas, Imbabura, Manabí, Pichincha, Zonas no Asignadas} \} \cup \{ \text{Promedio, Intermedia, Equilibrada} \}$$

Subconjunto donde domina el porcentaje de Labor y luego Pastos:

$$B_{s,1,2,3} = \{ L \} = \{ \text{Los Ríos} \}$$

Subconjunto donde domina el porcentaje de Labor y luego Otros Usos:

$$B_{s,1,3,2} = \emptyset$$

Subconjunto donde domina el porcentaje de Pastos y luego Labor:

$$B_{s,2,1,3} = \{ X, H, O, T \} = \{ \text{Cotopaxi, Chimborazo, El Oro, Tungurahua} \}$$

Subconjunto donde domina el porcentaje de Pastos y luego Otros Usos:

$$B_{s,2,3,1} = \{ R, J, G \} = \{ \text{Carchi, Loja, Galápagos} \}$$

Subconjunto donde domina el porcentaje de Otros Usos y luego Labor:

$$B_{s,3,1,2} = \emptyset$$

Subconjunto donde domina el porcentaje de Otros Usos y luego Pastos:

$$B_{s,3,2,1} = \{ E, U, n, V, Z \} = \{ \text{Esmeraldas, Morona Santiago, Napo, Pastaza, Zamora Chinchipe} \}$$

Como se explicó anteriormente, a pesar de que en el año 1974 no existían las provincias de Orellana y Sucumbíos, estas formaban parte de la Provincia de Napo como cantones; para efectos de comparación de los datos, a Napo se la desglosa y considera como tres individuos diferentes, con sus respectivos códigos: w, s, n. Con esta consideración se tiene un nuevo subconjunto donde domina el porcentaje de Otros Usos y luego Pastos $B_{3,2,1}$, en el que se incluyen Orellana (w) y Sucumbíos (s):

$$B_{s,3,2,1} = \{ E, U, n, V, Z, w, s \} = \{ \text{Esmeraldas, Morona Santiago, Napo, Pastaza, Zamora Chinchipe, Orellana (Napo), Sucumbíos (Napo)} \}$$

Se puede observar que trece provincias permanecen, durante los dos últimos censos, en el mismo grupo de las particiones PB, estas son:

- ❖ En la bola B_0 , donde las categorías de uso del suelo están equilibradas, se mantienen Guayas e Imbabura.
- ❖ En el grupo $B_{1,2,3}$, donde domina el porcentaje de Labor y luego Pastos, permanece Los Ríos.
- ❖ En el grupo $B_{2,1,3}$, donde domina el porcentaje de Pastos y luego Labor, continúan las provincias de Cotopaxi, Chimborazo y Tungurahua.
- ❖ En $B_{2,3,1}$, donde domina el porcentaje de Pastos y luego Otros Usos, siguen las provincias de Carchi, Loja y Galápagos.
- ❖ En $B_{3,2,1}$, donde domina el porcentaje de Otros Usos y luego Pastos, se mantienen todas las provincias Amazónicas del año 1974, es decir, Morona Santiago Napo, Pastaza y Zamora Chinchipe.

Sin embargo, es más importante observar los cambios del segundo al tercer censo, del grupo equilibrado B_0 , que es el más numeroso en 1974, salen las provincias de Azuay, Bolívar, Cañar, Manabí, Pichincha a los grupos en donde existe predominio de Pastos, y pasan las Zonas no Asignadas al grupo de predominio de Labor; en cambio entra a la bola B_0 la provincia de Esmeraldas, que sale del grupo de predominio de Otros Usos y pasa a la bola de centro K , o grupo equilibrado.

Se advierte además que las provincias que se crearon en ese período a partir de la provincia de Napo, es decir Sucumbíos y Orellana constituyen el grupo $B_{3,1,2}$, es decir siguen en un grupo donde el predominio principal es el de Otros Usos, y el predominio que le sigue es el de Labor.

Por tanto desde el año 1974 al 2000 se puede afirmar que si han ocurrido cambios considerables en cinco provincias, en la estructura agropecuaria del uso del suelo, la tendencia ha sido la de incrementar los pastos.

En la siguiente página, en el gráfico 6.12 se muestra la partición PB, en el mapa provincial del Ecuador del año 1974, es decir se evidencian los subconjuntos $B_{s,0}$; $B_{s,1,2,3}$; ... , $B_{s,3,2,1}$; asignando a sus elementos el color correspondiente a su respectivo centro de gravedad.

Se podrá observar también la conformación de la partición PB provincial cuando se representen las provincias, correspondientes al segundo censo agropecuario, en el plano de ecuación: $x + y + z = 1$

En resumen, comparando las dos particiones PB correspondientes a los dos últimos censos agropecuarios, de los años 2000 y 1974, se puede afirmar que:

$$B_{t,0} \cap B_{s,0} = \{ Y, F \} \cup \{ Q, I, K \}$$

$$B_{t,1,2,3} \supset B_{s,1,2,3}, \text{ y por tanto: } B_{t,1,2,3} \cap B_{s,1,2,3} = \{ L \}$$

Ref. Gráfico 6.12

$$B_{t,1,3,2} = B_{s,1,3,2} = \emptyset, \text{ y por consiguiente: } B_{t,1,3,2} \cap B_{s,1,3,2} = \emptyset$$

$$B_{t,2,1,3} \cap B_{s,2,1,3} = \{ X, H, T \}$$

$$B_{t,2,3,1} \supset B_{s,2,3,1}, \text{ y por tanto: } B_{t,2,3,1} \cap B_{s,2,3,1} = \{ R, J, G \}$$

$$B_{t,3,1,2} \supset B_{s,3,1,2} = \emptyset, \text{ y en consecuencia: } B_{t,3,1,2} \cap B_{s,3,1,2} = \emptyset$$

$$B_{t,3,2,1} \cap B_{s,3,2,1} = \{ U, N, V, Z \}$$

Se determina entonces, excluyendo los individuos ficticios Q, I, K; la cardinalidad (o número de elementos) de los siguientes subconjuntos:

$$\text{Card}(B_{t,0} \cap B_{s,0}) = \#(B_{t,0} \cap B_{s,0}) = 2 ; \#(B_{t,0} \cup B_{s,0}) = 9$$

$$\#(B_{t,1,2,3} \cap B_{s,1,2,3}) = 1 ; \#(B_{t,1,2,3} \cup B_{s,1,2,3}) = 2$$

$$\#(B_{t,1,3,2} \cap B_{s,1,3,2}) = 0 ; \#(B_{t,1,3,2} \cup B_{s,1,3,2}) = 0$$

$$\#(B_{t,2,1,3} \cap B_{s,2,1,3}) = 3 ; \#(B_{t,2,1,3} \cup B_{s,2,1,3}) = 6$$

$$\#(B_{t,2,3,1} \cap B_{s,2,3,1}) = 3 ; \#(B_{t,2,3,1} \cup B_{s,2,3,1}) = 7$$

$$\#(B_{t,3,1,2} \cap B_{s,3,1,2}) = 0 ; \#(B_{t,3,1,2} \cup B_{s,3,1,2}) = 2$$

$$\#(B_{t,3,2,1} \cap B_{s,3,2,1}) = 4 ; \#(B_{t,3,2,1} \cup B_{s,3,2,1}) = 7$$

Resultados que serán usados en la siguiente sección para encontrar los indicadores o porcentajes de similitud entre las dos particiones provinciales PB correspondientes a los dos últimos censos.

A continuación se presenta también la partición PB que se obtiene con los datos provinciales, de uso del suelo, correspondientes al primer censo agropecuario del año 1954, usando el subíndice inicial igual a p en los subconjuntos de la partición.

Subconjunto donde las categorías de uso del suelo están equilibradas:

$$B_{p,0} = \{ A, H, O, E, M, T \} \cup \{ Q, I, K \}$$

$$= \{ \text{Azuay, Chimborazo, El Oro, Esmeraldas, Manabí, Tungurahua} \} \cup$$

$$\{ \text{Promedio, Intermedia, Equilibrada} \}$$

Subconjunto donde domina el porcentaje de Labor y luego Pastos:

$$B_{p,1,2,3} = \emptyset$$

Subconjunto donde domina el porcentaje de Labor y luego Otros Usos:

$$B_{p,1,3,2} = \emptyset$$

Subconjunto donde domina el porcentaje de Pastos y luego Labor:

$$B_{p,2,1,3} = \emptyset$$

Subconjunto donde domina el porcentaje de Pastos y luego Otros Usos:

$$B_{p,2,3,1} = \{ X \} = \{ \text{Cotopaxi} \}$$

Subconjunto donde domina el porcentaje de Otros Usos y luego Labor:

$$B_{p,3,1,2} = \{ B, C, F, L \} = \{ \text{Bolívar, Cañar, Imbabura, Los Ríos} \}$$

Subconjunto donde domina el porcentaje de Otros Usos y luego Pastos:

$$B_{p,3,2,1} = \{ R, Y, J, P \} = \{ \text{Carchi, Guayas, Loja, Pichincha} \}$$

Por tanto en el año de 1954, del primer censo agropecuario, en ninguna provincia predomina el uso que corresponde a Labor, y en una sola provincia (Cotopaxi) predominan los Pastos, seguido de Otros Usos.

Se advierte entonces que, en el año 1954, exceptuando a Cotopaxi, las provincias se dividen prácticamente en dos categorías, las que se encuentran en la bola

equilibrada y las que están en el grupo donde predomina la categoría de otros usos, y llama la atención que en este grupo se encuentran las provincias de Pichincha y Guayas.

Es importante señalar que apenas dos provincias, Azuay y Manabí, se mantienen, en los dos primeros censos, en el mismo grupo B_0 , que se caracteriza por tener las tres categorías de uso del suelo equilibradas.

Se puede observar que ninguna provincia se mantiene en el mismo grupo, en las particiones PB, de los tres censos agropecuarios.

Por tanto se puede afirmar que se han producido modificaciones importantes en la estructura del uso del suelo en el ámbito provincial.

En la siguiente página, en el gráfico 6.13 se representa la partición PB, en el mapa provincial del Ecuador del año 1954, es decir se muestran los subconjuntos $B_{p,0}$; $B_{p,1,2,3}$; ... , $B_{p,3,2,1}$; asignando a sus elementos el color correspondiente a su respectivo centro de gravedad (o promedio).

El cambio en la estructura del uso del suelo, ocurrido desde el primer censo agropecuario hasta el año 2000, determinado al comparar las respectivas particiones, se ilustra y ratifica perfectamente en los mapas provinciales correspondientes a los diversos años censales, basta observar las variaciones ocurridas en los colores provinciales canónicos y en los colores de las particiones.

Para facilitar la comparación, en el gráfico 6 del anexo 4, se representan las particiones PB, de los tres censos agropecuarios, en los mapas provinciales del Ecuador de los respectivos años.

A continuación se realizan unas pocas observaciones relacionadas con los gráficos 6.11, 6.12 y 6.13; es decir algunas características que se obtienen de la representación conjunta, de las particiones PB, en el gráfico 6 del anexo 4.

Ref. Gráfico 6.13

En el año 1954 no existen los colores verdes, ni marrón, ni caqui, puesto que tres subconjuntos resultaron vacíos ($B_{p,1,2,3} = \emptyset = B_{p,1,3,2} = B_{p,2,1,3}$) por consiguiente en el primer censo no existen provincias cuya categoría predominante sea la labor agrícola; la mayoría de provincias se encuentran en el grupo $B_{p,0}$ en donde las categorías están equilibradas, y las demás, con excepción de Cotopaxi se reparten en las dos clases en donde predomina la categoría de Otros Usos (colores púrpura y azul violeta).

En el año 1974 hay cinco colores diferentes, no existe el verde turquesa ni tampoco el azul turquesa, puesto que dos subconjuntos resultaron vacíos: $B_{s,1,3,2} = \emptyset = B_{s,3,1,2}$; además la mayoría de provincias pertenecen a dos grupos, el $B_{s,3,2,1}$ asociado al azul violeta (constituido por todas las provincias amazónicas y Esmeraldas) y $B_{s,0}$ en donde las categorías están equilibradas (color gris).

En el año 2000 hay seis colores diferentes, no existe el verde turquesa, puesto que el único subconjunto vacío es el $B_{t,1,3,2}$; además la mayoría de provincias se encuentran en dos grupos en donde predominan los pastos, el $B_{p,2,1,3}$ (color marrón) y el $B_{p,2,3,1}$ (color púrpura), y solamente las provincias amazónicas siguen en las clases en donde predomina la categoría de Otros Usos (tonos azules).

Estos cambios se podrán también observar posteriormente, al comparar las representaciones de las provincias en el plano de ecuación: $x + y + z = 1$, correspondientes los tres censos agropecuarios.

A continuación se determinan las particiones PT, para cada uno de los censos agropecuarios, empezando por el tercer censo del año 2000, se aumenta un subíndice inicial, igual a t, en los subconjuntos, para distinguir las particiones.

Subconjunto donde las categorías están balanceadas:

$$T_{t,0} = \{ C, X, Y, F \} \cup \{ Q, K \} \\ = \{ \text{Cañar, Cotopaxi, Guayas, Imbabura} \} \cup \{ \text{Promedio, Equilibrada} \}$$

Subconjunto donde la categoría mayor es la de labor:

$$T_t^M = \{ L, D \} = \{ \text{Los Ríos, Zonas No Asignadas} \}$$

Subconjunto donde la categoría mayor es la que corresponde a pastos:

$$T_t^M = \{ A, O, M, H, G, T, P \} = \{ \text{Azúay, El Oro, Manabí, Chimborazo, Galápagos, Tungurahua, Pichincha} \}$$

Subconjunto donde la categoría mayor es la de otros usos:

$$T_t^M = \{ U, W, S, V \} = \{ \text{Morona Santiago, Orellana, Sucumbíos, Pastaza} \}$$

Subconjunto donde la categoría menor es la que corresponde a labor:

$$T_t^m = \{ N, J, Z, R, E \} \cup \{ I \} = \{ \text{Napó, Loja, Zamora Chinchipe, Carchi, Esmeraldas} \} \cup \{ \text{Intermedia} \}$$

Subconjunto donde la categoría menor es la de pastos:

$$T_t^m = \emptyset$$

Subconjunto donde la categoría menor es la que corresponde a otros usos:

$$T_t^m = \{ B \} = \{ \text{Bolívar} \}$$

En los gráficos 6.11 al 6.13 se representaron, en los respectivos mapas, las particiones PB, correspondientes a los tres censos agropecuarios; sin embargo en el presente trabajo no se muestran las representaciones, en los mapas, de las particiones provinciales PT, estas se pueden obtener de manera similar a lo realizado para la clasificación PB, es decir considerando el color del centro de gravedad de los individuos que conforman cada subconjunto de la partición.

Se elige representar las particiones PB en el ámbito provincial, y PT en el ámbito cantonal, por ser las más convenientes de acuerdo al análisis de varianza que se presentará posteriormente, en los párrafos 6.7 y 7.7 (cuadros 6.8 y 7.7 que corresponden a la comparación entre diversas clasificaciones).

Además se podrán observar y comparar las particiones PT a partir de la representación de las provincias en el plano de ecuación: $x + y + z = 1$.

Con los datos del segundo censo agropecuario del año 1974, se determina también la partición PT, que está constituida por los siguientes subconjuntos:

Subconjunto donde las categorías están balanceadas:

$$T_{s,0} = \{ A, R, P, M, Y, F, d \} \cup \{ Q, K \} = \{ \text{Azuay, Carchi, Pichincha, Manabí, Guayas, Imbabura, Zonas No Asignadas} \} \cup \{ \text{Promedio, Equilibrada} \}$$

Subconjunto donde la categoría mayor es la de labor:

$$T_s^M{}_1 = \{ L \} = \{ \text{Los Ríos} \}$$

Subconjunto donde la categoría mayor es la que corresponde a pastos:

$$T_s^M{}_2 = \{ H \} = \{ \text{Chimborazo} \}$$

Subconjunto donde la categoría mayor es la de otros usos:

$$T_s^M{}_3 = \{ U, Z, V, n, w, s \} = \{ \text{Morona Santiago, Zamora Chinchipe, Pastaza, Napo, Orellana, Sucumbíos} \}$$

Subconjunto donde la categoría menor es la que corresponde a labor:

$$T_s^m{}_1 = \{ J, G, E \} \cup \{ I \} = \{ \text{Loja, Galápagos, Esmeraldas} \} \cup \{ \text{Intermedia} \}$$

Subconjunto donde la categoría menor es la de pastos:

$$T_s^m{}_2 = \emptyset$$

Subconjunto donde la categoría menor es la que corresponde a otros usos:

$$T_s^m{}_3 = \{ C, O, X, B, T \} = \{ \text{Cañar, El Oro, Cotopaxi, Bolívar, Tungurahua,} \}$$

Comparando las dos particiones PT correspondientes a los dos últimos censos agropecuarios, de los años 2000 y 1974, se puede afirmar que:

$$T_{t,0} \cap T_{s,0} = \{ Y, F \} \cup \{ Q, K \}$$

$$T_t^M{}_1 \supset T_s^M{}_1, \text{ por tanto: } T_t^M{}_1 \cap T_s^M{}_1 = T_s^M{}_1 = \{ L \}$$

$$T_t^M \supset T_s^M, \text{ por consiguiente: } T_t^M \cap T_s^M = T_s^M = \{ H \}$$

$$T_t^M \subset T_s^M, \text{ entonces: } T_t^M \cap T_s^M = T_t^M = \{ U, W, S, V \}$$

$$T_t^m \cap T_s^m = \{ J, E \} \cup \{ I \}$$

$$T_t^m = T_s^m = \emptyset, \text{ en consecuencia: } T_t^m \cap T_s^m = \emptyset$$

$$T_t^m \subset T_s^m, \text{ por tanto: } T_t^m \cap T_s^m = \{ B \}$$

Se verifican además, excluyendo los individuos ficticios I, Q, K; las siguientes igualdades:

$$\# (T_{t,0} \cap T_{s,0}) = 2 ; \# (T_{t,0} \cup T_{s,0}) = 9$$

$$\# (T_t^M \cap T_s^M) = 1 ; \# (T_t^M \cup T_s^M) = 2$$

$$\# (T_t^M \cap T_s^M) = 1 ; \# (T_t^M \cup T_s^M) = 7$$

$$\# (T_t^M \cap T_s^M) = 4 ; \# (T_t^M \cup T_s^M) = 6$$

$$\# (T_t^m \cap T_s^m) = 2 ; \# (T_t^m \cup T_s^m) = 6$$

$$\# (T_t^m \cap T_s^m) = 0 ; \# (T_t^m \cup T_s^m) = 0$$

$$\# (T_t^m \cap T_s^m) = 1 ; \# (T_t^m \cup T_s^m) = 5$$

Resultados que serán utilizados en la siguiente sección, para encontrar los índices, o porcentajes, de similitud entre las particiones provinciales PT, correspondientes a los dos últimos censos agropecuarios.

Se puede observar entonces que, en los dos últimos censos agropecuarios, once provincias no han cambiado de grupo, considerando las particiones PT, estas son:

- En el grupo $T_{0,h}$ (donde las categorías están balanceadas): Guayas (Y) e Imbabura (F).
- En el grupo $T_{1,h}^M$ (donde la categoría mayor es la de labor): Los Ríos (L).
- En el grupo $T_{2,h}^M$ (donde la categoría mayor es la de pastos): Chimborazo (H).
- En el grupo $T_{3,h}^M$ (donde la categoría mayor es la de otros usos): Morona Santiago (U), Orellana (W), Sucumbíos (S), Pastaza (V).
- En el grupo $T_{1,h}^m$ (donde la categoría menor es la de labor): Loja (J), Esmeraldas (E).
- En el grupo $T_{3,h}^m$ (donde la categoría menor es la que corresponde a otros usos): Bolívar (B).

Con los datos del primer censo agropecuario del año 1954, se determina la partición PT, que está formada por los siguientes subconjuntos:

Subconjunto donde las categorías están balanceadas:

$$T_{p,0} = \{ A, H, O, M, F, T \} \cup \{ Q, I, K \}$$

$$= \{ \text{Azuay, Chimborazo, El Oro, Manabí, Imbabura, Tungurahua} \}$$

$$\cup \{ \text{Promedio, Intermedia, Equilibrada} \}$$

Subconjunto donde la categoría mayor es la de labor:

$$T_p^M = \emptyset$$

Subconjunto donde la categoría mayor es la que corresponde a pastos:

$$T_p^M = \{ X \} = \{ \text{Cotopaxi} \}$$

Subconjunto donde la categoría mayor es la de otros usos:

$$T_p^M = \{ Y \} = \{ \text{Guayas} \}$$

Subconjunto donde la categoría menor es la que corresponde a labor:

$$T_p^m_1 = \{ J, R, P \} = \{ \text{Loja, Carchi, Pichincha} \}$$

Subconjunto donde la categoría menor es la de pastos:

$$T_p^m_2 = \{ C, L, B, E \} = \{ \text{Cañar, Los Ríos, Bolívar, Esmeraldas} \}$$

Subconjunto donde la categoría menor es la que corresponde a otros usos:

$$T_p^m_3 = \emptyset$$

Es importante señalar que, considerando las particiones PT, cuatro provincias se mantienen en sus respectivos subconjuntos, durante los dos primeros censos agropecuarios, estas son:

- ❖ En T_0 (donde las categorías de uso del suelo están balanceadas): Azuay (A), Manabí (M) e Imbabura.
- ❖ En T^m_1 (donde la categoría menor es la que corresponde a labor): Loja (L).

Solamente dos de ellas permanecen en sus respectivos subconjuntos durante los tres censos.

- ❖ En T_0 (donde las categorías, de uso del suelo, están balanceadas): Imbabura (F).
- ❖ En T^m_1 (donde la categoría menor es la que corresponde a labor): Loja (J).

6.6 ÍNDICES O PORCENTAJES DE SIMILITUD ENTRE LAS PARTICIONES PROVINCIALES DE LOS DOS ÚLTIMOS CENSOS

Al calcular la similitud y disimilitud entre las dos particiones PB provinciales correspondientes al tercer censo agropecuario y al segundo censo, hay que referirse a las cardinalidades expresadas en la sección anterior, se obtiene entonces los siguientes resultados:

$$e = 13/33 = 0,3939 = 39,39\% \approx 39\% \quad ; \quad d = 20/33 = 0,6061 = 60,61\% \approx 61\%$$

$$\varepsilon = 10/27 = 0,3704 = 37,04\% \approx 37\% ; \delta = 17/27 = 0,6296 = 62,96\% \approx 63\%$$

$$E = 13/23 = 0,5652 = 56,52\% \approx 57\% ; D = 10/23 = 0,4348 = 43,48\% \approx 43\%$$

$$\Phi = 0 ; \Delta = 1 - \Phi = 1$$

Si se calcula la similitud y disimilitud entre las dos particiones provinciales PT, relativas a los dos últimos censos agropecuarios, se obtiene que:

$$e = 11/35 = 0,3143 = 31,43\% \approx 31\% ; d = 24/35 = 0,6857 = 68,57\% \approx 69\%$$

$$\varepsilon = 1301/(630 \times 6) = 0,3442 = 34,42\% \approx 34\% ; \delta = 2479/(630 \times 6) = 0,6558 \approx 66\%$$

$$E = 11/23 = 0,4783 = 47,83\% \approx 48\% ; D = 12/23 = 0,5217 = 52,17\% \approx 52\%$$

$$\Phi = 0 ; \Delta = 1 - \Phi = 1$$

Se debe tener presente lo expresado al final del capítulo cuatro, para efectos de la comparación entre dos particiones, con los datos censales de uso del suelo, es decir hay que recordar las denominaciones que se introdujeron:

Si el índice o porcentaje de similitud es inferior a 0,2 (20%) las dos particiones *se asemejan muy poco por elementos*; si el índice de similitud ε es menor que 0,2 (20%) las particiones *se asemejan muy poco por grupos*. Si el porcentaje E es inferior a 0,2 (20%) las particiones simplemente *se asemejan muy poco*.

Las particiones *se asemejan poco por elementos*, o *se asemejan poco por grupos*, si el porcentaje e, o ε respectivamente, se encuentra en el intervalo [0,2 ; 0,4 [. Las particiones simplemente *se asemejan poco* si el porcentaje E está entre 0,2 y 0,4 (abierto).

Si el índice e , o respectivamente ε , se encuentra entre 0,4 y 0,6 (abierto) las particiones *se asemejan medianamente por elementos* o, respectivamente, *se asemejan medianamente por grupos*. Simplemente las particiones *se asemejan medianamente* si el porcentaje E está en el intervalo semiabierto $[0,4 ; 0,6 [$.

Las particiones *se asemejan bastante por elementos, o por grupos*, si e , o ε respectivamente, está en el intervalo $[0,6 ; 0,8 [$. Si el porcentaje E se encuentra entre 0,6 y 0,8 (abierto) las particiones simplemente *se asemejan bastante*.

Si el índice e , o ε respectivamente, es mayor o igual a 0,8 (abierto) las particiones *se asemejan enormemente por elementos, o por grupos* respectivamente. Si el porcentaje E es superior o igual a 0,8 (80%) simplemente las particiones *se asemejan enormemente*.

Con este acuerdo, se puede decir que tanto la partición provincial PB, como la PT, correspondientes a los dos últimos censos, se asemejan poco por elementos y por grupos, y en el mejor de los casos se consigue afirmar que simplemente las particiones se asemejan medianamente, lo que implica que en el último período intercensal han ocurrido cambios notables, en el uso del suelo, a nivel provincial.

Excluyendo las provincias de la Región Amazónica, Galápagos y las Zonas no asignadas (en las particiones de 1954), se obtienen los índices o porcentajes de similitud entre las particiones PB de los dos primeros censos: $e \approx 7\%$; $\varepsilon \approx 3\%$; y $E \approx 13\%$; y entre las particiones PT: $e \approx 15\%$; $\varepsilon \approx 10\%$; y , $E \approx 27\%$.

Se obtienen entonces porcentajes menores a los que se determinaron para los dos últimos censos, y se puede afirmar que las particiones PB de los dos primeros censos se asemejan siempre muy poco. También se puede decir que las particiones PT se asemejan muy poco, tanto por elementos como por grupos, y de acuerdo con el valor de E las particiones simplemente se asemejan poco

Se puede afirmar entonces que durante el primer período intercensal también han ocurrido grandes cambios en la estructura del sector agropecuario en lo que corresponde al uso del suelo en el ámbito provincial.

6.7 CLASIFICACIÓN JERÁRQUICA, ANÁLISIS DE CONGLOMERADOS DE LOS DATOS PORCENTUALES EN EL ÁMBITO PROVINCIAL

Las Técnicas de Clasificación del Análisis de Conglomerados (Cluster) tienen su origen en el año 1963, con la publicación del libro “Principles of Numerical Taxonomy” de Sokal y Sneath, con la finalidad de clasificar especies de animales, familias de plantas, etc. y muy pronto fueron aplicadas con éxito a otros campos, estas técnicas se han diversificado notablemente gracias al desarrollo de la Informática.

El Análisis de Conglomerados (Cluster) está constituido por una diversidad de técnicas cuyo objetivo es lograr una clasificación de un conjunto de individuos en grupos con elementos similares, que deben ser exhaustivos y mutuamente exclusivos, es decir forman una partición del conjunto de individuos. Estos métodos no tratan de explicar estadísticamente ningún fenómeno sino describir la situación de los individuos mediante su clasificación en grupos homogéneos.

Las técnicas de agrupamiento se clasifican en dos tipos: jerárquicas y no jerárquicas. Los métodos jerárquicos, siguiendo un determinado criterio, dan como resultado una variedad de particiones, de manera que el investigador al final debe elegir la partición, es decir decidir el número de grupos que desea que formen la partición; en los métodos no jerárquicos el número de grupos de la partición es fijado inicialmente por el investigador, y se obtiene como resultado una sola partición.

A su vez las técnicas jerárquicas se dividen en dos modalidades, las ascendentes o por aglomeración: en las que se inicia con tantos grupos como individuos

presentes en el análisis, y usando el criterio correspondiente, se los va juntando en grupos disjuntos cada vez mas grandes, hasta obtener un único conglomerado; y las descendentes o por disociación: en las que se empieza con un único conglomerado, y por dicotomías sucesivas de los respectivos conjuntos, se van obteniendo las particiones jerárquicas, hasta obtener tantos conglomerados como individuos analizados.

Con frecuencia las técnicas se basan en algoritmos de clasificación automática, que consideran distancias, disimilaridades, pseudo-distancias, similaridades, y en general relaciones entre individuos, todos los algoritmos se basan en un determinado criterio de agrupación (o disociación) en cada paso o iteración; para conocerlos se puede consultar en publicaciones que se refieren a clasificación automática, análisis de conglomerados, técnicas jerárquicas de clasificación, etc., por ejemplo revisar las referencias bibliográficas: [14], [15] o [16] (Lebart y otros).

Con los datos resumidos de uso del suelo en el ámbito provincial, se realizaron los análisis de conglomerados, mediante las técnicas de clasificación jerárquica, comúnmente utilizadas, es decir con los métodos de: Ward, del vecino más cercano, del vecino más lejano, centroides, medias, grupos promedios y K-medias.

Sería demasiado extenso, y no muy provechoso, describir y examinar todas las clasificaciones provinciales que se obtienen, sin embargo para el interesado se presenta, en el cuadro 3 del anexo 1, la constitución de los grupos de manera resumida; por consiguiente a continuación únicamente se va a determinar y analizar el método que da los mejores resultados, en el sentido que a continuación se explica.

El análisis se realizó de la siguiente manera: luego de determinar las correspondientes particiones, todas ellas conformadas con seis grupos, se calcularon las respectivas contribuciones a la inercia: entre los conglomerados y dentro de los conglomerados, es decir se realizó el análisis de varianza para cada uno de los métodos, incluyendo los dos métodos propuestos en este trabajo,

mediante características matemáticas de orden, y la clasificación mencionada (en el cuadro 6.7) utilizando la similitud de los colores canónicos asociados a los datos (que para efecto de este análisis se los considera multiplicados por cien).

A continuación se presentan en el cuadro 6.8 los resultados de este análisis comparativo, en orden creciente respecto a la inercia entre grupos, es decir los mejores métodos se encuentran al final del cuadro; además se hace referencia a la variable que se ha utilizado (en el cuadro 3 del anexo 1) para determinar la correspondiente partición.

CUADRO 6.8

Comparación entre las técnicas de clasificación jerárquica y las particiones PB y PT correspondientes al tercer censo nacional agropecuario

Análisis de Varianza:

Suma de Cuadrados dentro y entre grupos (o conglomerados)

METODO		CONTRIBUCION DE LAS VARIABLES			
Partición PT (clasificación mediante características matemáticas de orden)					
		Labor	Pasto	Otros Usos	Total
	Entre Grupos	4.161,0	3.474,6	5666,6	13.302,2
	Dentro Grupos	1.194,0	1.277,9	1.047,2	3.519,1
	Subtotal	5.355,0	4.752,5	6.713,8	16.821,3
K-Means (K-Medias del SPSS)					
CLKMSPSS		Labor	Pasto	Otros Usos	Total
	Entre Grupos	3.631,0	4.332,4	5.669,3	13.632,7
	Dentro Grupos	1.724,0	420,1	1.044,5	3.188,6
	Subtotal	5.355,0	4.752,5	6.713,8	16.821,3
Nearest Neighbor (Vecino Cercano)					
CLUSNNVC		Labor	Pasto	Otros Usos	Total
	Entre Grupos	4.549,2	3.262,3	5.836,8	13.648,3
	Dentro Grupos	805,8	1.490,2	877,0	3.173,0
	Subtotal	5.355,0	4.752,5	6.713,8	16.821,3
Centroid					
CLUSCENT		Labor	Pasto	Otros Usos	Total
	Entre Grupos	4.549,2	3.262,3	5.836,8	13.648,3
	Dentro Grupos	805,8	1.490,2	877,0	3.173,0
	Subtotal	5.355,0	4.752,5	6.713,8	16.821,3
Group Average					

CLUSGRAV		Labor	Pasto	Otros Usos	Total
	Entre Grupos	4.549,2	3.262,3	5.836,8	13.648,3
	Dentro Grupos	805,8	1.490,2	877,0	3.173,0
	Subtotal	5.355,0	4.752,5	6.713,8	16.821,3
Partición PB (mediante características matemáticas de orden y norma $p=1$)					
		Labor	Pasto	Otros Usos	Total
	Entre Grupos	4.702,8	3.714,8	5701,7	14.119,3
	Dentro Grupos	652,2	1.037,7	1.012,1	2.702,0
	Subtotal	5.355,0	4.752,5	6.713,8	16.821,3
Colores					
		Labor	Pasto	Otros Usos	Total
	Entre Grupos	4,076.3	4,289.1	5,765.5	14,130.9
	Dentro Grupos	1,278.7	463.5	948.4	2,690.6
	Subtotal	5,355.0	4,752.6	6,713.9	16,821.5
Median					
CLMEDIAN		Labor	Pasto	Otros Usos	Total
	Entre Grupos	3.985,3	4.308,8	5.917,9	14.212,0
	Dentro Grupos	1.369,7	443,7	795,9	2.609,3
	Subtotal	5.355,0	4.752,5	6.713,8	16.821,3
Ward					
CLUSWARD		Labor	Pasto	Otros Usos	Total
	Entre Grupos	4.503,8	4.245,3	6.107,7	14.856,8
	Dentro Grupos	851,2	507,2	606,1	1.964,5
	Subtotal	5.355,0	4.752,5	6.713,8	16.821,3
Furthest Neighbor (Vecino Lejano)					
CLUSFNVL		Labor	Pasto	Otros Usos	Total
	Entre Grupos	4.521,0	4.235,0	6.234,8	14.990,8
	Dentro Grupos	834,0	517,5	479,0	1.830,5
	Subtotal	5.355,0	4.752,5	6.713,8	16.821,3
K-Means del NCSS (K-Medias del NCSS)					
CLKMNCSS		Labor	Pasto	Otros Usos	Total
	Entre Grupos	4.583,5	4.240,4	6.198,5	15.022,4
	Dentro Grupos	771,5	512,1	515,3	1.798,9
	Subtotal	5.355,0	4.752,5	6.713,8	16.821,3

Puesto que interesa la menor contribución dentro de los grupos y la mayor entre grupos, se elige al método denominado K-Medias del NCSS (partición que corresponde a la variable CLKMNCSS).

A continuación se presentan los resultados de este método de clasificación, con los datos provinciales de uso del suelo, correspondientes al tercer censo agropecuario del año 2000; para comparar con la clasificación, obtenida de la partición PB, mediante características matemáticas de orden, se debería elegir la opción de siete conglomerados, sin embargo como $B_{1,3,2}$ resultó vacío, se elige la clasificación en seis conglomerados, la denominación de los mismos proporcionada por el software utilizado (NCSS) es irrelevante y ha sido cambiada para hacer posible la comparación.

$$C_{t,0} = \{ E, Y, F \} \cup \{ Q, I, K \} \\ = \{ \text{Esmeraldas, Guayas, Imbabura} \} \cup \{ \text{Promedio, Intermedia, Equilibrada} \}$$

$$C_{t,1} = \{ L, D \} = \{ \text{Los Ríos, Zonas no Asignadas} \}$$

$$C_{t,2} = \emptyset$$

$$C_{t,3} = \{ B, C, X, H, O, M, P, T \} = \{ \text{Bolívar, Cañar, Cotopaxi, Chimborazo,} \\ \text{El Oro, Manabí, Pichincha, Tungurahua} \}$$

$$C_{t,4} = \{ A, R, J, G \} = \{ \text{Azuay, Carchi, Loja, Galápagos} \}$$

$$C_{t,5} = \{ S, W, V \} = \{ \text{Sucumbíos, Orellana, Pastaza} \}$$

$$C_{t,6} = \{ U, N, Z \} = \{ \text{Morona Santiago, Napo, Zamora Chinchipe} \}$$

Para satisfacer la curiosidad se calcula la similitud entre las dos clasificaciones presentadas, es decir la partición PB y la jerárquica de K-medias, considerando los datos provinciales de uso del suelo, del último censo nacional agropecuario del año 2000, se obtiene entonces que:

$$e = (3+2+5+4+2+3)/(3+2+8+7+3+4) = 19/27 = 0,7037 \approx 70\% ; d = 0,2963 \approx 30\%$$

$$\varepsilon = (1+1+5/8+4/7+2/3+3/4)/6 = 0,7688 \approx 77\% ; \delta = 1 - \varepsilon = 0,2312 \approx 23\%$$

$$E = 19/23 = 0,8261 = 82,61\% \approx 83\% ; D = 8/46 = 4/23 = 0,1739 = 17,39\% \approx 17\%$$

Se puede afirmar entonces que las particiones PB y K-medias, de los datos provinciales del tercer censo nacional agropecuario, se asemejan bastante por elementos y por grupos; y en el mejor de los casos se logra afirmar que simplemente las particiones se asemejan enormemente.

Puesto que el método de K-medias resultó el mejor de todos, se representa esta clasificación en el mapa provincial, en el gráfico 6.14 de la siguiente página.

Al comparar los colores del gráfico 6.14 (correspondiente a la partición K-medias) con el gráfico 6.11 (de la partición PB) y con el gráfico 6.7 (de los colores canónicos) se puede confirmar que las dos particiones se parecen mucho, y clasifican convenientemente los colores canónicos correspondientes a los datos resumidos de uso del suelo.

A continuación se presentan los resultados del método K-medias, con los datos provinciales de uso del suelo correspondientes al segundo censo agropecuario del año 1974.

$$C_{s,0} = \{ E, F, M, P, d \} \cup \{ Q, I, K \} = \{ \text{Esmeraldas , Imbabura , Manabí ,} \\ \text{Pichincha , Zonas No Asignadas} \} \cup \{ \text{Promedio, Intermedia, Equilibrada} \}$$

$$C_{s,1} = \{ B, Y, L \} = \{ \text{Bolívar, Guayas, Los Ríos} \}$$

$$C_{s,2} = \emptyset$$

$$C_{s,3} = \{ A, C, R, X, H, O, J, T, G \} = \{ \text{Azuay , Cañar , Carchi , Cotopaxi ,} \\ \text{Chimborazo , El Oro , Loja , Tungurahua , Galápagos} \}$$

$$C_{s,4} = \{ s, w \} = \{ \text{Sucumbíos (Napó) , Orellana (Napó)} \}$$

Ref. Gráficos 6.14

$$C_{s,5} = \emptyset$$

$$C_{s,6} = \{ U, n, V, Z \} = \{ \text{Morona Santiago, Napo, Pastaza, Zamora Chinchipe} \}$$

Más importante que calcular la similitud entre las dos particiones presentadas PB y K-medias, para los datos del segundo censo nacional agropecuario del año 1974, es determinar la similitud entre las particiones K-medias para los dos últimos censos agropecuarios, pues así se determinaría si han ocurrido cambios en la estructura agropecuaria provincial, con relación al uso del suelo; analizando las particiones $\{ C_{t,i} \}$ y $\{ C_{s,i} \}$ (con $i = 0, 1, \dots, 6$) se obtienen los siguientes resultados:

$$e = (2+1+5+2+0+3)/(6+5+12+3+4+4) = 13/34 = 38,24\% ; d = 1 - e = 61,76\%$$

$$\varepsilon = 0,3944 = 39,44\% \approx 39\% ; \delta = 1 - \varepsilon = 0,6056 = 60,56\% \approx 61\%$$

$$E = 13/23 = 0,5652 = 56,52\% \approx 57\% ; D = 20/46 = 10/23 = 0,4348 \approx 43\%$$

Índices o porcentajes muy similares a los obtenidos en el párrafo anterior, cuando se compararon las partición PB y PT de los dos últimos censos agropecuarios; los resultados de los análisis de similitud de las particiones K-medias son entonces consistentes con los dos anteriores; puesto que permiten afirmar también que las respectivas particiones, correspondientes a los dos últimos censos, se parecen Poco por Elementos y por Grupos; y en el mejor de los casos las particiones simplemente se asemejan medianamente, nuevamente se deduce que han ocurrido cambios notables en el uso del suelo en el ámbito provincial.

A continuación, en el gráfico 6.15 de la siguiente página, se representa en el mapa provincial del año 1974 la clasificación obtenida, con el método K-medias, para que se compare con el gráfico 6.12 (correspondiente a la partición PB), eligiendo, como ya se ha mencionado, el color del conglomerado el que corresponde al promedio de los elementos que lo conforman.

Ref. Gráficos 6.15

En el gráfico 6.15, de la clasificación K-medias del segundo censo agropecuario, vale la pena apreciar que los cinco grupos que se forman están relacionados con la ubicación geográfica de las provincias, con excepción de Carchi; por ejemplo las provincias azules, cuya categoría principal es la de otros usos, son las ubicadas al nororiente del país (Sucumbíos y Orellana); las provincias de color caqui son las de la Sierra centro y sur junto con Carchi, caracterizadas por su dedicación a los pastos y a labor agrícola.

Finalmente también se presentan los resultados del método K-medias, con los datos provinciales de uso del suelo correspondientes al primer censo agropecuario del año 1954.

$$C_{p,0} = \{ H, T \} \cup \{ K \} = \{ \text{Chimborazo, Tungurahua} \} \cup \{ \text{Equilibrada} \}$$

$$C_{p,1} = \emptyset = C_{1,2} = C_{1,3}$$

$$C_{p,4} = \{ X \} = \{ \text{Cotopaxi} \}$$

$$C_{p,5} = \{ A, B, C, O, E, Y, F, L, M \} \cup \{ Q, I \} = \{ \text{Azúay, Bolívar, Cañar, El Oro, Esmeraldas, Guayas, Imbabura, Manabí} \} \cup \{ \text{Promedio, Intermedia} \}$$

$$C_{p,6} = \{ R, J, P \} = \{ \text{Carchi, Loja, Pichincha} \}$$

Se puede comparar también los dos primeros censos a través de los porcentajes de similitud entre las particiones K-Medias, pero se debe excluir la provincia de Galápagos y las provincias de la Región Amazónica en la partición correspondiente al segundo censo agropecuario, para trabajar sobre el mismo conjunto de individuos. Los cálculos que se deben realizar son muy simples, y se obtienen los siguientes resultados:

$$e = (2 + 0 + 3 + 1) / (8 + 1 + 9 + 6) = 1/4 = 0,25 = 25\%; \quad d = 1 - e = 0,75 = 75\%$$

$$\varepsilon = 0,1875 = 18,75\%; \quad \delta = 1 - \varepsilon = 0,7125 = 71,25\%; \quad E = 6/15 = 0,4 = 40\%$$

En efecto, como ya se había previsto al final del párrafo anterior las particiones K-medias, de los dos primeros censos, se asemejan poco por elementos y se asemejan muy poco por grupos; y de acuerdo al valor de E simplemente las particiones se asemejan poco, con lo que se confirma que han ocurrido grandes cambios en el uso del suelo, entre el primero y el segundo censo agropecuario, en el ámbito provincial.

A continuación, en el gráfico 6.16 de la página siguiente, se representa en el mapa provincial del año 1954 la clasificación obtenida, con el método K-medias, para que se compare con el gráfico 6.13, correspondiente a la partición PB, donde el color del conglomerado corresponde al promedio (o centro de gravedad) de sus elementos.

Al analizar el gráfico 6.16, se aprecia inmediatamente la constitución de un conglomerado que contiene a casi todas las provincias del país (cinco de la Costa y cuatro de la Sierra) que están con color azul, es decir en las que domina la categoría de otros usos.

6.8 ANÁLISIS EN COMPONENTES PRINCIPALES (ACP) DE LOS DATOS PORCENTUALES EN EL ÁMBITO PROVINCIAL

El Análisis en Componentes Principales (ACP) se podría realizar con los datos originales de las superficies en las diversas categorías de uso del suelo, pero no reflejaría el interés fundamental de este trabajo, que es el conocer para cada individuo (provincia o cantón) la distribución del uso del suelo, y en estos términos compararlos entre sí, y con lo que ha sucedido a nivel nacional; este propósito se logra mediante el análisis de correspondencias, o también con el Análisis en Componentes Principales de los datos porcentuales de uso del suelo, considerando las tres categorías fundamentales. Justamente el objetivo de este párrafo es presentar los resultados del Análisis en Componentes Principales (ACP) de los datos porcentuales en el ámbito provincial.

Ref. Gráfico 6.16

En el Análisis en Componentes Principales (ACP), de los datos porcentuales de uso del suelo, se puede considerar la matriz de correlaciones, pero esta alternativa, como estandariza los datos, más bien distorsiona un poco la representación de la nube de puntos en el plano principal (de ecuación: $x+y+z=1$); y puesto que los datos porcentuales están dados en una escala evidentemente comparable es preferible efectuar el análisis en componentes principales con la matriz de covarianzas.

Al hacer el Análisis en Componentes Principales con los datos resumidos de uso del suelo, correspondientes al tercer censo nacional agropecuario, en el ámbito provincial, aumentando los individuos: $u_1 = (0,86; 0,07; 0,07)$, $u_2 = (0,07; 0,86; 0,07)$, y $u_3 = (0,07; 0,07; 0,86)$ (que son cercanos a los tres vértices), se obtienen los resultados que se presentan en el siguiente cuadro.

CUADRO 6.9

Resultados del análisis en componentes principales, en el ámbito provincial, de los datos correspondientes al tercer censo agropecuario del año 2000

Componente	Valor Propio	Porcentaje de Varianza Explicado	Porcentaje Acumulado
1 o Primera	0,0587	55,35 %	55,35 %
2 o Segunda	0,0474	44,65 %	100 %

Se verifica entonces que las dos primeras componentes principales acumulan el 100% de la variabilidad de los datos de uso del suelo, y por consiguiente la representación de los datos con las dos componentes es perfecta.

Por tanto el ajuste mediante el plano principal no solo que aproxima los datos sino que es exacto, en definitiva el plano principal contiene a toda la nube de puntos, esto obviamente se esperaba puesto que se conocía anticipadamente que los individuos están en el plano de ecuación: $x+y+z=1$.

A continuación, en el cuadro 6.10, se presentan los vectores propios de la matriz de covarianza, es decir los coeficientes de la combinación lineal de las variables originales, que permiten determinar las componentes principales.

CUADRO 6.10

Coefficientes de la combinación lineal, para determinar las dos primeras componentes principales, en el ámbito provincial del año 2000

VARIABLES	Coefficientes de la Componente 1	Coefficientes de la Componente 2
PLABOR00	-0,5346	0,6172
PPASTO00	-0,2672	-0,7715
POTRSU00	0,8017	0,1544

En el siguiente cuadro 6.11 se presentan los resultados correspondientes a las componentes principales para cada provincia del tercer censo agropecuario, es decir las coordenadas que permiten la representación de los individuos en el plano principal; que se presenta en el gráfico 6.17 de la página siguiente.

CUADRO 6.11

Las dos primeras componentes principales para cada provincia, sobre el uso del suelo en el tercer censo agropecuario del año 2000

PRV00	A	B	C	R	X	H	O	E	Y
CPRIN1	-0.0289	0.1211	0.0597	0.0074	0.1148	0.2091	0.1127	-0.0972	0.0207
CPRIN2	0.1872	0.0819	0.0645	0.1218	0.0438	0.1362	0.1375	-0.0523	-0.2012
F	J	L	M	U	N	V	P	T	Z
-0.0229	-0.0454	0.4005	0.1183	-0.2406	-0.1651	-0.5546	0.0991	0.1663	-0.2143
-0.0041	0.1394	-0.4519	0.1232	0.1090	0.0755	-0.1324	0.1307	0.1610	0.0808
G	S	W	D	Q	I	K	u1	u2	u3
0.0396	-0.3060	-0.2579	0.3168	-0.0011	-0.0064	0.0386	0.4609	0.2499	-0.5948
0.2494	-0.1956	-0.2405	-0.1881	0.0140	0.0163	-0.1014	-0.5890	0.5081	-0.2232

Es importante señalar ciertos atributos de las provincias y algunas relaciones entre ellas, que se deducen de la representación en el plano principal (gráfico 6.17). La provincia en donde la labor agrícola es porcentualmente la mayor es Los Ríos, seguida de las Zonas no Asignadas. Se destacan por el predominio del porcentaje de pastos las provincias de Tungurahua y Chimborazo (por el flanco de la labor como segunda categoría importante) y Galápagos (por el lado de los Otros Usos como categoría que le sigue en importancia). Es notable la provincia de Pastaza al estar dominada por el porcentaje de Otros Usos.

Se hacen notorias también: la similitud entre las provincias de Sucumbíos y Orellana, la semejanza entre Morona Santiago, Zamora Chinchipe y Napo, la afinidad entre Azuay, Loja y Carchi, la proximidad de la pareja Bolívar y Cotopaxi, y aún más parecidas las provincias de Pichincha, Manabí y El Oro, que casi se confunden en el plano principal.

Ref. Gráfico 6.17

Cabe señalar también que la provincia que representa el comportamiento nacional es la de Imbabura, puesto que es la más próxima a la provincia promedio Q.

En el plano principal no se propone una partición, pues el ACP no es un método de clasificación, y se deja al lector formar los grupos de individuos similares.

Se puede observar que: $I=(-0,01; 0,02)$ y $Q=(0,00; 0,01)$ prácticamente coinciden con el origen, y si no se habrían agregado los individuos ficticios cercanos a los tres vértices se tendría que la provincia Intermedia (I) sería justamente el origen.

No se presenta la representación de las tres variables pues, como es obvio, forman un triángulo equilátero, y en particular entre ellas hay un ángulo de $\pi/3$.

En este caso particular conviene también representar a los individuos (provincias) que están en el plano $x+y+z=1$, en el nuevo sistema de coordenadas: ($O'=K$; $v_1=(1;0;-1)/\sqrt{2}$; $v_2=(-1;2;-1)/\sqrt{6}$).

Basta recordar que la transformación de coordenadas, del sistema canónico del espacio euclidiano R^3 , al nuevo sistema de referencia, está dada por la siguiente aplicación lineal: $F(p_1, p_2, p_3) = ((p_1 - p_3)/\sqrt{2} ; (-p_1 + 2p_2 - p_3)/\sqrt{6})$.

A continuación, en el cuadro 6.12, se presentan las coordenadas en el nuevo sistema, que corresponden a las provincias del tercer censo agropecuario.

CUADRO 6.12
Las coordenadas de las provincias (individuos) en el año 2000 en el nuevo sistema de coordenadas

PRV00	A	B	C	R	X	H	O	E	Y
COOR1	-0.1582	0.0181	-0.0344	-0.1025	0.0245	0.0833	-0.0082	-0.1444	0.0158
COOR2	0.2505	0.1996	0.1636	0.2006	0.1621	0.2803	0.2499	0.0019	-0.1002
F	J	L	M	U	N	V	P	T	Z
-0.0899	-0.1582	0.4566	0.0018	-0.3326	-0.2503	-0.5502	-0.0189	0.0348	-0.2986
0.0717	0.1999	-0.2128	0.2383	0.1073	0.1004	-0.2236	0.2390	0.2896	0.0893
G	S	W	D	Q	I	K	u1	u2	U3
-0.1140	-0.2947	-0.2346	0.2912	-0.0753	-0.0810	0.0000	0.5585	0.0000	-0.5585
0.3318	-0.2019	-0.2286	0.0092	0.0960	0.0964	0.0000	-0.3225	0.6450	-0.3225

En el gráfico 6.18, de la página siguiente, se muestra la representación de las provincias, correspondientes al tercer censo nacional agropecuario del año 2000, en el plano de ecuación: $x + y + z = 1$, con el nuevo sistema de coordenadas.

La representación mediante componentes principales y la de este nuevo sistema de coordenadas prácticamente coinciden, salvo por una composición de dos transformaciones lineales: una traslación al punto de equilibrio K, y una rotación de un ángulo conveniente.

Una ventaja de la representación en el nuevo sistema (gráfico 6.18) es que se observa con claridad el triángulo equilátero en donde varían los datos, y otro beneficio es que no se necesitan rehacer todos los cálculos al agregar más individuos para el análisis.

En los datos de los dos primeros censos agropecuarios no se realiza ACP, en su lugar se utiliza la aplicación lineal que transforma las coordenadas de los individuos al nuevo sistema de referencia.

Las coordenadas de las provincias, del segundo censo agropecuario, en el nuevo sistema de referencia, son las que se muestran en el siguiente cuadro.

CUADRO 6.13

Las coordenadas de las provincias (individuos) en el año 1974 en el nuevo sistema de coordenadas

PRV74	A	B	C	R	X	H	O	E	Y
COOR1	-0.0267	0.0932	0.0851	-0.0224	0.0620	0.1751	0.0335	-0.2114	0.0447
COOR2	0.1148	0.0844	0.1218	0.1708	0.1872	0.2999	0.1783	-0.0880	0.0021
F	J	L	M	U	N	V	P	T	Z
-0.0162	-0.0385	0.2503	-0.0613	-0.3997	-0.4142	-0.3517	-0.0803	0.0733	-0.3876
0.0334	0.1725	-0.0249	0.0607	-0.0178	-0.1247	-0.0062	0.0821	0.1727	-0.0172
G	S	W	D	Q	I	K	u1	u2	U3
-0.1998	-0.5592	-0.5370	-0.0667	-0.0544	-0.1111	0.0001	0.5585	0.0000	-0.5585
0.2021	-0.3170	-0.3048	-0.0712	0.0523	0.0396	0.0000	-0.3225	0.6450	-0.3225

En el gráfico 6.19, de la página subsiguiente, se muestra la representación de las provincias, correspondientes al segundo censo agropecuario del año 1974, en el plano de ecuación: $x + y + z = 1$, con el nuevo sistema de coordenadas.

Ref. Gráfico 6.18

Ref. Gráficos 6.19

Se observa, en el gráfico 6.19, que en la provincia de Chimborazo dominan los pastos, y se vislumbra el predominio de la labor agrícola en Los Ríos. Se aprecia que todas las provincias de la región amazónica se caracterizan por el dominio de los Otros Usos, siendo muy similares la pareja formada por Sucumbíos y Orellana, y el trío compuesto por Pastaza, Morona Santiago y Zamora Chinchipe, con la provincia de Napo entre los dos grupos. La mayoría de las provincias de la Sierra y Costa son equilibradas, es decir los porcentajes de uso del suelo se reparten en forma balanceada.

Las coordenadas de las provincias, correspondientes al primer censo agropecuario del año 1954, en este nuevo sistema de coordenadas son las que se presentan, en el cuadro 6.14, a continuación.

CUADRO 6.14

Las coordenadas de las provincias (individuos) en el año 1954 en el nuevo sistema de coordenadas

PRV54	A	B	C	R	X	H	O	E	Y
COOR1	-0.1134	-0.1379	-0.1333	-0.1366	-0.0465	0.0480	-0.1112	-0.0618	-0.2068
COOR2	-0.0662	-0.1217	-0.1283	0.0776	0.3075	0.0807	-0.1088	-0.1270	-0.1059
F	J	L	M	P	T	Q	I	K	u1
-0.1631	-0.1769	-0.1267	-0.1020	-0.1939	-0.0310	-0.1301	-0.1129	0.0000	0.5585
-0.1022	0.0599	-0.2013	-0.1091	0.0021	0.0069	-0.0459	-0.0357	0.0000	-0.3225

Donde las provincias que están cerca de los vértices u2 y u3 son exactamente como los expresados en los dos cuadros anteriores de los otros censos.

En el gráfico 6.20, de la página siguiente, se muestra la representación de las provincias, correspondientes al primer censo agropecuario del año 1954, en el plano $x + y + z = 1$, con el nuevo sistema de coordenadas.

Al analizar el gráfico 6.20, se determina que en la provincia de Cotopaxi dominan los pastos; se apreciar además la semejanza entre las provincias de Pichincha, Loja y Carchi.

Ref. Gráfico 6.20

Se observa también que en las provincias de Tungurahua y Chimborazo los porcentajes están balanceados, y las demás provincias están vinculadas al predominio de la categoría que corresponde a otros usos.

Cabe señalar que la provincia del Azuay representa el comportamiento del país, puesto que es la más próxima a la provincia promedio Q.

Además se destaca el parecido entre las provincias de Bolívar y Cañar en la Sierra, y entre El Oro y Manabí en la Costa.

Una ventaja del nuevo sistema de coordenadas es que sin rehacer los cálculos de las componentes principales, se puede resumir en una sola representación conjunta los datos provinciales de los tres censos agropecuarios.

Con este propósito a continuación se utiliza la notación de los individuos con la letra que corresponde a la provincia y como subíndice la letra del respectivo censo, por ejemplo el individuo B_s es la provincia de Bolívar en el segundo censo agropecuario (es decir con los datos de 1974).

En el gráfico 6.21, de la página siguiente, se muestra la representación conjunta (en relación con los tres censos) de algunas provincias, en el se puede apreciar si una provincia ha cambiado poco o mucho en cuanto al uso del suelo, las otras provincias se presentan en el gráfico 6.26 al final de este capítulo.

Se observa, por ejemplo, que la provincia de Pichincha, durante los dos períodos intercensales, se ha movido hacia la derecha y hacia arriba, lo que significa que se ha incrementado la labor agrícola y los pastos (y en consecuencia la ganadería) desde el año 1954, y ha decrecido el porcentaje destinado a otros usos; y en la provincia de Manabí se aprecia un crecimiento del porcentaje de pastos y disminución de otros usos, manteniendo similares porcentajes de labor agrícola.

Ref. gráfico 6.21

6.9 CLASIFICACIÓN PROVINCIAL CRUZADA POR LAS TRES VARIABLES

A continuación se realiza la clasificación de los individuos que se obtiene al cruzar las tres variables correspondientes a Labor, Pastos y Otros Usos, y se la representa en un plano de ecuación $z = 0 = \text{potrosu}$, utilizando la proyección en la dirección del eje z .

Si se divide al intervalo $[0 ; 1]$, como en el capítulo anterior, en cuatro subintervalos de longitud $1/4$, la clasificación cruzada tiene como máximo 16 subconjuntos no vacíos, que corresponden a los productos cartesianos:

$G_{i,j,k} = G_i \times G_j \times G_k = \{ (\text{plabor} , \text{ppastos} , \text{potrosu}) : \text{plabor} \in G_i ; \text{ppastos} \in G_j ; \text{potrosu} \in G_k \} = [(i - 1)/4 ; i /4 [\times [(j - 1)/4 ; j /4 [\times [(k - 1)/4 ; k /4 [$, donde se debe verificar: $4 < i + j + k < 7$ (es decir: $i + j + k = 5$ o 6).

Se debe recordar que esta clasificación es semejante a determinar una tabla de contingencia en la que interesan también los individuos que integran cada clase; por ejemplo en $G_{1,3,2}$ están las provincias en las que: $\text{plabor} < 0,25$; $0,5 \leq \text{ppastos} < 0,75$; y , $0,25 \leq \text{potrosu} < 0,5$.

A continuación se va a realizar la clasificación cruzada, por las tres variables, en el ámbito provincial, considerando los datos del tercer censo nacional agropecuario.

Se determina entonces, considerando los datos del censo agropecuario del año 2000, la siguiente clasificación (partición) de las provincias, cruzando las tres variables fundamentales del uso del suelo: plabor, ppastos y potrosu.

$$G_{1,1,4}^t = \{ V \} ; G_{1,1,3}^t = \{ S \}$$

$$G_{1,2,3}^t = \{ U, Z \} ; G_{1,2,2}^t = \{ C, E, F, J, N, R \}$$

$$G_{1,3,2}^t = \{ A, G \} ; G_{1,3,1}^t = \{ M, O, P, T \}$$

$$G^{t}_{2,1,3} = \{ W \}; G^{t}_{2,2,2} = \{ Y, K \}; G^{t}_{2,2,1} = \{ B, X \}; G^{t}_{2,3,1} = \{ H \}$$

$$G^{t}_{3,1,2} = \emptyset; G^{t}_{3,1,1} = \{ L \}; G^{t}_{3,2,1} = \{ D \}$$

$$G^{t}_{1,4,1} = \emptyset = G^{t}_{4,1,1}; G^{t}_{2,1,2} = \emptyset.$$

En el gráfico 6.22 , en la siguiente página, se representan a las provincias, del tercer censo agropecuario, en el plano $z = 0 = \text{potrosu}$, con la clasificación cruzada establecida.

Considerando los datos del segundo censo agropecuario, se determina la siguiente clasificación provincial, cruzando las tres variables fundamentales de uso del suelo.

$$G^s_{1,1,4} = \{ s, w \}; G^s_{1,1,3} = \{ n \}$$

$$G^s_{1,2,3} = \{ E, U, V, Z \}; G^s_{1,2,2} = \{ G, J, R, G \}$$

$$G^s_{2,2,2} = \{ A, D, F, M, Y \}; G^s_{2,2,1} = \{ B, C, O, T, X \}; G^s_{2,3,1} = \{ H \}$$

$$G^s_{3,2,1} = \{ L \}$$

$$G^s_{1,4,1} = \emptyset = G^s_{4,1,1}; G^s_{1,3,2} = \emptyset = G^s_{1,3,1}; G^s_{2,1,3} = \emptyset = G^s_{2,1,2}; G^s_{3,1,2} = \emptyset = G^s_{3,1,1}.$$

En el gráfico 6.23 , de la página subsiguiente, se representa la clasificación provincial cruzada, que corresponde al segundo censo agropecuario.

Considerando las provincias del primer censo agropecuario, se determina la siguiente clasificación cruzando las tres variables consideradas.

$$G^p_{1,1,4} = \emptyset; G^p_{1,1,3} = \{ Y \}$$

Ref. Gráfico 6.22

Ref. Gráfico 6.23

$$G_{1,2,3}^p = \emptyset ; G_{1,2,2}^p = \{ J, R, P \}$$

$$G_{1,3,2}^p = \emptyset ; G_{1,3,1}^p = \{ X \}$$

$$G_{2,1,3}^p = \{ L \} ; G_{2,1,2}^p = \{ B, C, E, F, M, O \}$$

$$G_{2,2,2}^p = \{ A, T, H \} ; G_{2,2,1}^p = \emptyset$$

$$G_{1,4,1}^p = \emptyset = G_{4,1,1}^p ; G_{2,3,1}^p = \emptyset = G_{3,2,1}^p ; G_{3,1,2}^p = \emptyset = G_{3,1,1}^p.$$

En el gráfico 6.24 de la página siguiente se representa la clasificación provincial cruzada, determinada para el primer censo del año 1954.

Entonces se comprueba que, del segundo al tercer censo agropecuario, solamente ocho provincias se mantienen en sus respectivos grupos:

- ❖ En el grupo $G_{1,2,3}$ (labor menor a 25%, pastos entre 25% y 50%, y otros usos entre 50% y 75%): Morona Santiago (U) y Zamora Chinchipe (Z) ;
- ❖ En el grupo $G_{1,2,2}$ (labor menor a 25%, pastos y otros usos entre 25% y 50%): Loja (J), Carchi (R).
- ❖ En el grupo $G_{2,2,2}$ (todos sus porcentajes: labor, pastos y otros usos entre 25% y 50%): Guayas (Y).
- ❖ En el grupo $G_{2,2,1}$ (labor y pastos entre 25% y 50%, y otros usos menor a 25%): Bolívar (B) y Cotopaxi (X).
- ❖ En el grupo $G_{2,3,1}$ (labor entre 25% y 50%, pastos entre 50% y 75%, y otros usos menor a 25%): Chimborazo (H).

En cambio del primero al segundo censo, tan solo cuatro provincias permanecen en sus respectivos grupos, a saber:

- ❖ En el grupo $G_{1,2,2}$ (labor menor a 25%, pastos y otros usos entre 25% y 50%): Loja (J), Pichincha (P), Carchi (R).
- ❖ En el grupo $G_{2,2,2}$ (con todos sus porcentajes, labor, pastos y otros usos, entre 25% y 50%): Azuay (A).

Ref. Gráfico 6.24

Únicamente dos provincias, Carchi y Loja, permanecen en los tres censos agropecuarios, en la misma clase $G_{1,2,2}$, caracterizada por tener: labor menor a 25%, pastos y otros usos entre 25% y 50% ; en efecto: $G_{1,2,2}^t \cap G_{1,2,2}^t \cap G_{1,2,2}^p = \{J, R\}$.

Claramente se ratifica que durante el primer período intercensal han ocurrido más cambios que en el segundo período.

Al determinar que tan solo dos provincias: Carchi y Loja se mantienen en los tres censos agropecuarios en el mismo grupo, se confirma lo que se ha establecido con los otros análisis, que han ocurrido muchos cambios con relación al uso del suelo en el ámbito provincial.

Cabe señalar que la clasificación cruzada no da la representación exacta de los individuos en el plano, que en cambio si se obtiene del Análisis en Componentes Principales y en la representación mediante el nuevo sistema de coordenadas.

6.10 ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIAS EN EL AMBITO PROVINCIAL

En el caso que se está estudiando, el análisis de correspondencias permite establecer la correspondencia entre las categorías de la variable cualitativa de uso del suelo y las provincias caracterizadas por la distribución condicional de la variable cualitativa; el objetivo es presentar la mayor parte de la información en un gráfico que permita descubrir las relaciones entre entre las tres categorías de uso del suelo y las provincias.

En la página subsiguiente se presenta el gráfico 6.25 que sintetiza los resultados del análisis de correspondencias, para los datos del tercer censo nacional agropecuario (se ha usado el programa estadístico NCSS, versión 6.0). Los resultados detallados del análisis de correspondencias, para los datos provinciales

del uso del suelo, correspondientes al censo del año 2000, se presentan en el cuadro 2 del anexo 3.

Del análisis se concluye que en la provincia de Los Ríos (L), y en las Zonas no Asignadas (D), el uso principal del suelo es la labor agrícola (cultivos); en las provincias de Galápagos (G), Tungurahua (T) y Chimborazo (H) la ocupación principal de la tierra es con Pastos; y en las provincias de Pastaza (V), Sucumbíos (S) y Orellana (W) la categoría principal corresponde a otros usos.

Como se puede observar, el análisis de correspondencias confirma los resultados y las afirmaciones que se obtienen con las técnicas y métodos descritos anteriormente. Por este motivo no se presentan los resultados de este análisis para los datos provinciales correspondientes a los dos primeros censos; en todo caso estos análisis se pueden realizar con cualquier programa informático que involucre este método estadístico como una de sus opciones, en particular en el NCSS, que se ha utilizado y mencionado anteriormente.

6.11 DISTANCIAS ENTRE LOS CENSOS AGROPECUARIOS, CONSIDERANDO LAS TRES CATEGORÍAS FUNDAMENTALES DE USO DEL SUELO, EN EL ÁMBITO PROVINCIAL

Para cuantificar los cambios ocurridos en las provincias, se determina analíticamente las distancias euclidianas entre los censos, para cada una de las provincias.

Si para una provincia Θ , arbitraria y fija, se calcula el valor: $D_{p,s}(\Theta) = d(\Theta_p, \Theta_s) = \|\Theta_s - \Theta_p\|_2$, que representa la distancia euclidiana que hay entre los datos porcentuales del primero y el segundo censo; y se determina también la distancia $D_{st}(\Theta)$, que existe entre el segundo y tercer censo, y la distancia $D_{p,t}(\Theta)$ que hay entre el primero y el tercer censo; entonces la suma de estas distancias, es decir la función: $D(\Theta) = D_{p,s}(\Theta) + D_{s,t}(\Theta) + D_{p,t}(\Theta) = d(\Theta_p, \Theta_s) + d(\Theta_s, \Theta_t) + d(\Theta_p, \Theta_t)$, da una medida del cambio en el uso del suelo para la provincia Θ considerada.

Ref. Gráfico 6.25

Si se determinan los valores de la función D para todas las provincias estudiadas en los tres censos, se puede realizar la clasificación de las provincias mediante una tabla de frecuencias, y su respectivo histograma, que se obtiene al dividir el intervalo $[D_{\min}, D_{\max}]$ en un número determinado de subintervalos con igual longitud.

A continuación se presenta en el Cuadro 6.15 los valores de $D_{s,t}$, $D_{p,s}$, $D_{p,t}$ y de la función D, para cada una de las provincias que intervienen en los tres censos agropecuarios; de este cuadro se deduce que han ocurrido también cambios porcentuales importantes, además de la provincia de Los Ríos, en las provincias de: Bolívar, Cañar y El Oro.

CUADRO 6.15

Distancias provinciales entre los censos agropecuarios: $D_{s,t}$, $D_{p,s}$, $D_{p,t}$; y valor de la medida D, de cambio de uso del suelo, para cada provincia

PROVINCIA	PRVC	$D_{s,t}$	$D_{p,s}$	$D_{p,t}$	D
Carchi	R	0,0856	0,1475	0,1277	0,3608
Cotopaxi	X	0,0452	0,1620	0,1618	0,3689
Esmeraldas	E	0,1121	0,1547	0,1531	0,4199
Loja	J	0,1229	0,1784	0,1412	0,4425
Imbabura	F	0,0831	0,2000	0,1887	0,4718
Chimborazo	H	0,0939	0,2534	0,2027	0,5501
Pichincha	P	0,1685	0,1390	0,2946	0,6021
Guayas	Y	0,1063	0,2737	0,2227	0,6027
Tungurahua	T	0,1231	0,1959	0,2903	0,6093
Azuay	A	0,1890	0,2007	0,3199	0,7096
Manabí	M	0,1884	0,1746	0,3625	0,7255
Cañar	C	0,1266	0,3320	0,3082	0,7668
El Oro	O	0,0828	0,3216	0,3732	0,7776
Bolívar	B	0,1376	0,3096	0,3572	0,8044
Los Ríos	L	0,2790	0,4163	0,5835	1,2788
Zonas no asignadas	D	0,3668			
Galápagos	G	0,1555			
Napo	n	0,2785			
Sucumbíos	s	0,2885			
Morona Santiago	U	0,1420			
Pastaza	V	0,2945			
Orellana	w	0,3119			
Zamora Chinchipe	Z	0,1388			

Puesto que existen 15 provincias para las que se ha evaluado el valor de D , es conveniente considerar solamente cuatro categorías.

El mínimo se alcanza en la provincia del Carchi: $D_{\min}=0,36=D(R)$, y el máximo en Los Ríos: $D_{\max}=1,28=D(L)$.

Entonces los cuatro grupos de provincias que se obtienen, corresponden a los subintervalos: $[0,36 ; 0,59 [$; $[0,59 ; 0,82 [$; $[0,82 ; 1,05 [$ y $[1,05 ; 1,28]$; que, de acuerdo con la magnitud de los cambios, se denominarán:

- $P_1 = \{ \Theta : 0,36 \leq D(\Theta) < 0,59 \}$ grupo de las provincias que, en el uso del suelo, han tenido un *cambio leve*.
- $P_2 = \{ \Theta : 0,59 \leq D(\Theta) < 0,82 \}$ de las provincias en las que ha ocurrido un *cambio moderado*.
- $P_3 = \{ \Theta : 0,82 \leq D(\Theta) < 1,05 \}$ de las provincias con un *cambio mediano* en el uso del suelo.
- $P_4 = \{ \Theta : 1,05 \leq D(\Theta) \leq 1,28 \}$ grupo de las provincias en las que se ha producido un *cambio grande*.

Se determina entonces que el primer grupo es: $P_1 = \{ R, X, E, J, F, H \}$, por consiguiente las provincias que, desde el primer censo hasta el tercero, han tenido un cambio leve, son las seis que se especifican a continuación: Carchi, Cotopaxi, Esmeraldas, Loja, Imbabura y Chimborazo.

El segundo grupo está constituido por $P_2 = \{ P, Y, T, A, M, C, O, B \}$, entonces las provincias en donde ha ocurrido un cambio moderado son las ocho siguientes: Pichincha, Guayas, Tungurahua, Azuay, Manabí, Cañar, El Oro y Bolívar.

Puesto que P_3 es vacío, ninguna provincia ha tenido un cambio mediano en el uso del suelo.

El cuarto grupo tiene un solo elemento: $P_4 = \{ L \}$, por tanto la única provincia en donde se ha producido un cambio grande es la provincia de Los Ríos.

6.12 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS PROVINCIAL DEL USO DEL SUELO

Como ya se mencionó en el párrafo 6.3, en algunas provincias se ha ampliado en gran medida la frontera agrícola, se destacan en el segundo período intercensal las siguientes provincias: Pastaza, Azuay, Loja y Cañar; y en el primer período las provincias de Esmeraldas y El Oro; sin embargo en términos relativos (porcentuales) el uso del suelo en algunas de estas provincias puede no haber variado mucho, como por ejemplo en Loja y Esmeraldas.

En otras provincias prácticamente no se ha incrementado la superficie agrícola, como en el Carchi y Los Ríos, sin embargo en la provincia de Los Ríos el uso del suelo ha variado notablemente en términos relativos, la contribución de los otros usos decrece del 50% (en 1954) al 10% (en el año 2000) pasando por el 17% en el segundo censo agropecuario, mientras que el aporte correspondiente a la labor agrícola crece del 33% (en el primer censo) al 72% (en el segundo) pasando por el 52% (en el año 1974), lo que significa que en la provincia de Los Ríos la misma superficie se ha ido destinando al pasar del tiempo a propósitos relacionados con el cultivo de productos agrícolas. En contraste, en la provincia del Carchi el uso del suelo no ha variado substancialmente, puesto que en los tres censos los pastos dominan, con un aporte que crece del 40% (en 1954) al 50% (en el año 2000) pasando por el 47% en el segundo censo, luego le sigue la categoría de los otros usos, y finalmente siempre menor es el aporte de la categoría de labor que representa aproximadamente la quinta parte en el primer y tercer censo y la cuarta parte en el año de 1974.

Para determinar los cambios acaecidos en las provincias, durante los dos períodos intercensales, basta comparar las representaciones provinciales mediante las coordenadas en el nuevo sistema de referencia, y además tener en cuenta que provincias se han mantenido invariantes en las diversas particiones determinadas; con este propósito, a continuación en el cuadro 6.16, se presenta el resumen de la clasificación PB y PT, que corresponde a los datos provinciales de uso del suelo en los tres censos agropecuarios, y en el cuadro 6.17 se muestra el resumen de la clasificación cruzada.

Ref. Cuadro 6.16

Ref. Cuadro 6.17

La provincia del Carchi, y la provincia del Cotopaxi, son las que menos han cambiado en el uso del suelo en términos relativos o de porcentajes relacionados con las tres categorías fundamentales.

En otras provincias los cambios porcentuales son muy notables, como por ejemplo en la ya considerada provincia de Los Ríos, que es la que más se ha modificado en términos relativos.

Para completar la información del gráfico 6.21 e ilustrar las transformaciones ocurridas en algunas provincias, en la siguiente página se presenta en el gráfico 6.26 la evolución sucedida, entre un censo y otro, en las provincias: Carchi, Los Ríos, Bolívar, Imbabura, Morona Santiago y Pastaza.

En el gráfico 6.26 se puede observar por ejemplo que las provincias de Loja y Carchi tienen, en los dos períodos intercensales, una evolución muy similar, van hacia arriba, es decir se incrementan los porcentajes de pastos; pero en el primer período se mueven a la derecha, es decir se incrementa el porcentaje de labor, y en el segundo período regresan hacia la izquierda, o sea decrece el porcentaje de labor; y como ya se ha mencionado en varias ocasiones la Provincia de Los Ríos es la que más ha cambiado, incrementando siempre el porcentaje correspondiente a labor, con su desplazamiento hacia el vértice verde $V = (1; 0; 0)$ (extremo inferior derecho en el triángulo equilátero).

Se puede afirmar que en todas las provincias han ocurrido modificaciones en cuanto al uso del suelo; el cambio en las provincias durante el primer período intercensal ha sido mayor que durante el segundo período, con excepción de Pichincha y Manabí.

En general se ha comprobado que todas las provincias han tenido un cambio leve o moderado, con excepción de la provincia de Los Ríos en donde el cambio ha sido grande.

Ref. Gráfico 6.26

Las Zonas no asignadas y las provincias de Pastaza, Napo, Sucumbíos y Orellana, de la región amazónica han tenido también cambios considerables del segundo al tercer censo agropecuario, al contrario han cambiado poco las provincias Morona Santiago y Zamora de la amazonía, con la provincia insular de Galápagos.

Resumiendo, en las provincias de Carchi, Cotopaxi y Esmeraldas los cambios han sido menores; en cambio en la provincia de Los Ríos han ocurrido los mayores cambios, en efecto el valor $D(L)$ es largamente superior a todos los demás; en esta provincia se ha incrementado la labor agrícola de manera notable.

Una medida que, en el ámbito provincial, puede resumir el cambio global ocurrido en un período intercensal sería la distancia entre los censos adyacentes, definida como la suma de las distancias provinciales entre los censos correspondientes, es decir, la distancia entre los dos primeros censos, y respectivamente entre los dos últimos censos, vendrían definidos por las igualdades:

$$D(p,s) = \sum_{\Theta} D_{p,s}(\Theta) ; \text{ y } , D(s,t) = \sum_{\Theta} D_{s,t}(\Theta)$$

Donde la sumatoria se debe realizar sobre las quince provincias investigadas en los tres censos agropecuarios, para efectos de poder compararlos; entonces considerando los resultados expresados en cuadro 6.15, se obtiene que: $D(p,s) = 3,46 > 1,94 = D(s,t)$.

Se confirma entonces que en el primer período el cambio es mayor al del segundo período, se podría afirmar incluso que el cambio ocurrido entre los dos primeros censos es 1,78 veces el cambio acontecido entre los dos últimos censos, en el ámbito provincial.

A continuación se presenta en el cuadro 6.18, el resumen de los resultados correspondientes a los índices o porcentajes de similitud, entre las principales

particiones, en los censos agropecuarios adyacentes, consideradas para el análisis de los datos de uso del suelo, en el ámbito provincial.

CUADRO 6.18

Porcentajes de similitud entre las particiones provinciales, en los censos adyacentes

Partición	Entre el Censo	y el Censo	Valor de e	Valor de ε	Valor de E
PB	Segundo (2º)	Tercero (3º)	39%	37%	57%
PT	Segundo (2º)	Tercero (3º)	31%	34%	48%
Cruzada	Segundo (2º)	Tercero (3º)	38%	39%	57%
PB	Primero (1º)	Segundo (2º)	7%	3%	13%
PT	Primero (1º)	Segundo (2º)	15%	10%	27%
K-medias	Primero (1º)	Segundo (2º)	25%	19%	40%

Como se puede observar, entre el primero y el segundo censos, los índices de similitud son siempre inferiores a los correspondientes valores entre el segundo y el tercero; lo que significa que en el primer período intercensal han ocurrido mayores cambios que en el segundo período.

En el gráfico 5 del anexo 4 se representan los colores sustractivos canónicos asociados a los datos de los tres censos agropecuarios (lo que correspondería al gráfico 6.10), pero utilizando la base correspondiente a los colores sustractivos primarios, asociando al vértice de labor (1;0;0) el color cian, al vértice de pastos (0;1;0) el color amarillo, y al vértice de otros usos (0;0;1) el color magenta (fucsia).

Por último, para conocer cuales provincias han cambiado de manera semejante a lo ocurrido en el país en el ámbito nacional, basta verificar que de las cuatro clasificaciones realizadas (PB, PT, K-medias y cruzada) para los tres censos agropecuarios, es decir de las doce particiones provinciales, la provincia que aparece con mayor frecuencia (en diez ocasiones) junto con la provincia promedio Q (que representa al Ecuador) es Imbabura (F), por tanto es la más parecida, y posiblemente la única que se asemeja enormemente al país, en el uso de la tierra, en el ámbito nacional.

Este hecho se debe comprobar calculando, para cada provincia Θ , la suma de las distancias (euclidianas) a la provincia promedio Q , en los tres censos agropecuarios; es decir, determinando:

$$\begin{aligned} D_Q(\Theta) &= D_t^Q(\Theta_t) + D_s^Q(\Theta_s) + D_p^Q(\Theta_p) \\ &= d(\Theta_t, Q_t) + d(\Theta_s, Q_s) + d(\Theta_p, Q_p) \\ &= \|\Theta_t - Q_t\|_2 + \|\Theta_s - Q_s\|_2 + \|\Theta_p - Q_p\|_2. \end{aligned}$$

A continuación se presenta, en el cuadro 6.19, los resultados que se encontraron para las distancias: $D_t^Q(\Theta_t)$, $D_s^Q(\Theta_s)$, $D_p^Q(\Theta_p)$, y $D_Q(\Theta)$, para cada provincia Θ .

CUADRO 6.19
Distancias euclidianas a la provincia promedio Q , en los tres censos agropecuarios

PRVCOD (Θ)	PROVINCIA	D_t^Q	D_s^Q	D_p^Q	D_Q
F	Imbabura	0,03	0,04	0,07	0,14
M	Manabí	0,16	0,01	0,07	0,24
A	Azuay	0,18	0,07	0,03	0,27
P	Pichincha	0,15	0,04	0,08	0,27
C	Cañar	0,08	0,16	0,08	0,32
R	Carchi	0,11	0,12	0,12	0,35
B	Bolívar	0,14	0,15	0,08	0,37
J	Loja	0,13	0,12	0,12	0,37
O	El Oro	0,17	0,15	0,07	0,39
Y	Guayas	0,22	0,11	0,10	0,42
E	Esmeraldas	0,12	0,21	0,11	0,43
T	Tungurahua	0,22	0,18	0,11	0,51
X	Cotopaxi	0,12	0,18	0,36	0,66
H	Chimborazo	0,24	0,34	0,22	0,80
L	Los Ríos	0,61	0,31	0,16	1,08

Entonces se verifica que el máximo valor de D_Q , en el ámbito provincial, es aproximadamente igual a 1,08. Si se clasifican las provincias en cuatro grupos que correspondan a los subintervalos: $[0,0 ; 0,27 [$; $[0,27 ; 0,54 [$; $[0,54 ; 0,81 [$

y $[0,81 ; 1,08]$; que, de acuerdo con la magnitud de D_Q , se podrían denominar de la siguiente manera:

- $A_1 = \{ \Theta : 0 \leq D_Q(\Theta) < 0,27 \}$ grupo de las provincias que *se asemejan al país enormemente*, en el uso del suelo.
- $A_2 = \{ \Theta : 0,27 \leq D_Q(\Theta) < 0,54 \}$ grupo de las provincias que *se asemejan al país bastante*, en el uso de la tierra.
- $A_3 = \{ \Theta : 0,54 \leq D_Q(\Theta) < 0,81 \}$ grupo de las provincias que *se asemejan al país considerablemente*, en el uso del suelo.
- $A_4 = \{ \Theta : 0,81 \leq D_Q(\Theta) < 1,08 \}$ grupo de las provincias que *se asemejan al país regularmente*, en el uso del suelo.

En el ámbito cantonal el máximo valor corresponde aproximadamente igual a 1,74; por este motivo se van a considerar dos categorías adicionales: A_5 y A_6 que se denominarán respectivamente grupo de los cantones que *se asemejan al país poco*, y grupo de los cantones que *se asemejan al país poco*, en el uso del suelo.

Se determina entonces que el primer grupo es: $A_1 = \{ F, M, A \}$, por consiguiente las provincias que se asemejan al país enormemente son: Imbabura, Manabí y Azuay.

Puesto que el valor de D_Q es menor en F (Imbabura), se puede afirmar que la provincia de Imbabura es la que más se asemeja al país, en el uso del suelo, a nivel nacional.

El segundo grupo es: $A_2 = \{ P, C, R, B, J, O, Y, E, T \}$, por tanto la mayoría de provincias se asemejan bastante al país, en cuanto al uso de la tierra, estas son: Pichincha, Cañar, Carchi, Bolívar, Loja, El Oro, Guayas, Esmeraldas y Tungurahua.

El tercer grupo tiene un solo elemento: $A_3 = \{ X, H \}$, por consiguiente las provincias de Cotopaxi y Chimborazo son las que se asemejan al país considerablemente.

El cuarto grupo es unitario: $A_4 = \{ L \}$, por tanto la única provincia que se asemeja al país regularmente es la provincia de Los Ríos.

Puesto que el valor de D_Q es mayor en L (Los Ríos), se puede decir que la provincia de Los Ríos es la que con respecto al país mas se diferencia (o menos se asemeja) en el uso del suelo, a nivel nacional.

Se confirma entonces lo expresado mediante el análisis de las particiones; es decir, la provincia de Imbabura es la que más se parece al país en el ámbito nacional, en relación con el uso del suelo.

CAPÍTULO 7

ANÁLISIS DE LOS DATOS EN EL ÁMBITO CANTONAL, SOBRE EL USO DEL SUELO, SEGÚN LOS TRES CENSOS AGROPECUARIOS

7.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo tiene como objetivo presentar los datos cantonales sobre el uso del suelo, según los tres censos agropecuarios, y hacer su análisis, es decir realizar su descripción, presentar sus principales características, reducir la información considerando solamente las tres categorías fundamentales del uso del suelo: labor, pastos y otros usos; clasificar a los cantones, utilizando distancias en el espacio vectorial real de tres dimensiones, análisis en componentes principales, análisis de conglomerados con técnicas jerárquicas de clasificación, y análisis policromático, de manera que se pueda comparar los datos correspondientes a los tres censos agropecuarios.

7.2 LOS DATOS CANTONALES RESUMIDOS, DE USO DEL SUELO, EN LOS TRES CENSOS AGROPECUARIOS

En los siguientes cuadros se presentan los datos resumidos, de áreas cantonales, considerando solamente las categorías fundamentales de uso del suelo; datos que se van a analizar y comparar en este capítulo, y que corresponden por consiguiente a las superficies en hectáreas por las tres clases de uso del suelo: labor, pastos y otros usos, según los tres censos agropecuarios, en los cantones que se puede realizar la comparación en términos absolutos, es decir los que no han cambiado sus fronteras, o límites geográficos, desde el año 1954 hasta el 2000, a saber: Cuenca y Sigsig, en la provincia del Azuay; Pangua, Salcedo y Saquisilí, en Cotopaxi; Chunchi y Guamote, en Chimborazo; Santa Elena en Guayas; Antonio Ante, Cotacachi y Otavalo, en Imbabura; Saraguro en Loja;

Baba, Puebloviejo, Urdaneta y Ventanas, en Los Ríos; Portoviejo, Junín, Manta, Paján y 24 de Mayo, en Manabí, Cayambe, Mejía, Pedro Moncayo y Rumiñahui, en Pichincha; y finalmente Baños y Santiago de Píllaro, en la provincia de Tungurahua; en total 27 cantones, que han mantenido inalterables sus superficies cantonales totales.

CUADRO 7.1

Datos compendiados sobre uso del suelo, en los cantones estables, según el tercer censo nacional agropecuario del año 2000

OBS	INDIV	CNTN2000	CNTC2000	STOTAL00	SLABOR00	SPASTOS00	SOTROSU00
1	1	Cuenca	A1	217.023	20.239	119.543	77.241
2	9	Sigsig	A9	53.397	5.843	29.562	17.992
3	37	Pangua	X3	59.511	20.883	22.702	15.926
4	39	Salcedo	X5	41.013	14.573	20.675	5.765
5	40	Saquisilí	X6	17.757	7.682	8.901	1.174
6	46	Chunchi	H5	27.807	3.805	19.076	4.926
7	47	Guamote	H6	101.876	27.816	66.038	8.022
8	89	Santa Elena	Yh	170.692	23.197	44.205	103.290
9	102	Antonio Ante	F2	5.139	3.431	1.126	582
10	103	Cotacachi	F3	89.136	14.298	36.096	38.742
11	104	Otavalo	F4	29.526	8.947	11.086	9.493
12	117	Saraguro	Ja	116.742	9.153	67.761	39.828
13	124	Baba	L2	47.615	31.711	13.586	2.318
14	126	Puebloviejo	L4	28.259	21.653	5.072	1.534
15	128	Urdaneta	L6	33.594	28.217	3.055	2.322
16	129	Ventanas	L7	68.408	58.647	4.899	4.862
17	135	Portoviejo	M1	68.029	25.700	14.481	27.848
18	141	Junín	M7	22.326	8.353	8.113	5.860
19	142	Manta	M8	10.401	1.078	1.670	7.653
20	144	Paján	M0	91.490	33.897	36.619	20.974
21	150	24 de Mayo	Mf	42.920	18.658	14.469	9.793
22	176	Cayambe	P2	82.789	18.636	53.381	10.772
23	177	Mejía	P3	79.902	7.045	53.457	19.400
24	178	Pedro Moncayo	P4	22.474	10.481	6.218	5.775
25	179	Rumiñahui	P5	9.461	782	7.182	1.497
26	185	Baños	T2	27.217	2.056	7.374	17.787
27	191	Santiago de Píllaro	T8	38.540	5.465	30.017	3.058

CUADRO 7.2

Datos compendiados sobre uso del suelo, en los cantones estables, según el segundo censo nacional agropecuario del año 1974

OBS	INDIV	CNTN1974	CNTC1974	STOTAL74	SLABOR74	SPASTOS74	SOTROSU74
1	1	Cuenca	A1	89.930	19.011	40.301	30.618
2	9	Sigsig	A9	17.910	4.812	9.513	3.585
3	37	Pangua	X3	31.815	10.359	9.531	11.925

4	39	Salcedo	X5	33.737	11.959	20.256	1.522
5	40	Saquisilí	X6	5.848	3.400	2.049	399
6	46	Chunchi	H5	12.304	6.363	4.450	1.491
7	47	Guamote	H6	100.594	18.135	73.745	8.714
8	89	Santa Elena	Yh	50.879	24.275	4.981	21.623
9	102	Antonio Ante	F2	4.918	3.817	677	424
10	103	Cotacachi	F3	64.195	15.097	24.815	24.283
11	104	Otavalo	F4	28.370	12.368	9.454	6.548
12	117	Saraguro	Ja	31.227	8.060	18.733	4.434
13	124	Baba	L2	43.572	16.627	21.845	5.100
14	126	Puebloviejo	L4	20.674	10.797	7.487	2.390
15	128	Urdaneta	L6	29.801	18.881	8.022	2.898
16	129	Ventanas	L7	60.033	35.704	13.637	10.692
17	135	Portoviejo	M1	41.873	19.094	8.657	14.122
18	141	Junín	M7	23.051	7.507	7.089	8.455
19	142	Manta	M8	3.065	1.614	312	1.139
20	144	Paján	M0	84.237	22.099	39.164	22.974
21	150	24 de Mayo	Mf	45.749	22.978	16.400	6.371
22	176	Cayambe	P2	62.824	22.645	34.508	5.671
23	177	Mejía	P3	96.923	8.717	69.880	18.326
24	178	Pedro Moncayo	P4	21.463	11.818	7.202	2.443
25	179	Rumiñahui	P5	11.100	1.879	8.151	1.070
26	185	Baños	T2	29.342	6.409	8.727	14.206
27	191	Santiago de Pillaro	T8	17.609	6.630	10.193	786

CUADRO 7.3

Datos compendiados sobre uso del suelo, en los cantones estables, según el primer censo agropecuario del año 1954

OBS	INDIV	CNTN1954	CNTC1954	STOTAL54	SLABOR54	SPASTOS54	SOTROSU54
1	1	Cuenca	A1	101.000	24.300	44.800	31.900
2	9	Sigsig	A9	17.710	6.610	5.800	5.300
3	37	Pangua	X3	14.900	3.200	2.100	9.600
4	39	Salcedo	X5	40.610	14.110	24.700	1.800
5	40	Saquisilí	X6	11.300	2.700	7.700	900
6	46	Chunchi	H5	9.810	5.210	2.700	1.900
7	47	Guamote	H6	49.120	10.010	31.900	7.210
8	89	Santa Elena	Yh	57.800	6.300	3.800	47.700
9	102	Antonio Ante	F2	5.910	4.410	700	800
10	103	Cotacachi	F3	44.900	9.000	5.400	30.500
11	104	Otavalo	F4	55.310	13.410	28.700	13.200
12	117	Saraguro	Ja	34.800	9.800	11.700	13.300
13	124	Baba	L2	49.300	22.500	18.600	8.200
14	126	Puebloviejo	L4	33.200	9.700	5.700	17.800
15	128	Urdaneta	L6	33.600	16.000	6.100	11.500
16	129	Ventanas	L7	73.500	21.300	9.000	43.200
17	135	Portoviejo	M1	63.000	22.400	12.200	28.400
18	141	Junín	M7	26.210	9.100	4.710	12.400
19	142	Manta	M8	10.000	2.300	3.400	4.300
20	144	Paján	M0	52.200	24.900	18.700	8.600

21	150	24 de Mayo	Mf	43.100	22.300	7.700	13.100
22	176	Cayambe	P2	53.510	20.710	27.000	5.800
23	177	Mejía	P3	89.310	8.510	71.800	9.000
24	178	Pedro Moncayo	P4	25.810	9.510	8.900	7.400
25	179	Rumiñahui	P5	12.110	3.110	8.300	700
26	185	Baños	T2	39.010	4.610	5.500	28.900
27	191	Santiago de Píllaro	T8	16.400	7.600	6.700	2.100

7.3 DESCRIPCIÓN DE ALGUNOS DATOS CANTONALES, DE SUPERFICIES Y PORCENTAJES, SOBRE EL USO DEL SUELO

Cabe mencionar que la comparación de variación de la frontera agrícola se la puede realizar solamente en los 27 cantones cuyas fronteras geográficas no han cambiado desde el año 1954 hasta el año 2000, que como ya se ha dicho son:

- En la provincia del Azuay: Cuenca (A1) y Sigsig (A9).
- En Cotopaxi: Pangua (X3), Salcedo (X5) y Saquisilí (X6).
- En Chimborazo: Chunchi (H5) y Guamote (H6).
- En Guayas: Santa Elena (Yh).
- En Imbabura: Antonio Ante (F2), Cotacachi (F3) y Otavalo (F4).
- En Loja: Saraguro (Ja).
- En Los Ríos: Baba (L2), Pueblo Viejo (L4), Urdaneta (L6) y Ventanas (L7).
- En Manabí: Portoviejo (M1), Junín (M7), Manta (M7), Paján (M0) y 24 de Mayo (Mf).
- En la provincia de Pichincha: Cayambe (P2), Mejía (P3), Pedro Moncayo (P4) y Rumiñahui (P5).
- En Tungurahua: Baños (T2) y Santiago de Píllaro (T8),

En cuanto a las superficies bajo UPAs, o frontera agrícola, considerando los cantones que se han mantenido invariantes, se puede afirmar que en el segundo período intercensal (desde 1974 hasta el año 2000) los cantones de mayor crecimiento han sido los siguientes:

- Saraguro en la provincia de Loja (Ja) se incrementa la superficie bajo UPAs aproximadamente por 3,7 veces.
- Manta en la provincia de Manabí (M7), y Santa Elena en la provincia de Guayas (Yh), crecen en superficie agrícola aproximadamente 3,4 veces.

- Sigsig (en Azuay) prácticamente se triplica el área bajo UPAs, y le siguen:
- Cuenca (en Azuay), Chunchi (en Chimborazo) y Santiago de Píllaro (en Tungurahua), donde se extienden considerablemente las fronteras agrícola, por factores cercanos a 2,3; Pangua (en Cotopaxi) donde casi llega a duplicarse; y Cayambe (en Pichincha) con un incremento de más del 50%.

Durante el primer período intercensal (del 54 al 74) los cantones que más han ampliado su frontera agropecuaria son:

- Pangua (en Cotopaxi) y Guamote (en Chimborazo) en donde prácticamente se duplican las superficies bajo UPAs.
- Paján (en Manabí) donde el crecimiento de la frontera agrícola es aproximadamente el 60%.
- Cotacachi (en Imbabura) con un incremento cercano al 40%, que curiosamente mantiene en ambos períodos intercensales.

Es interesante observar que el cantón Pangua duplica su superficie bajo UPAs, durante ambos períodos intercensales, lo que implica un crecimiento de aproximadamente cuatro veces desde 1954 hasta el 2000, que le constituye el cantón que más ha ampliado su frontera agrícola desde el primer censo agropecuario.

En otros cantones la frontera agrícola prácticamente no ha cambiado, tales como: Salcedo (en la provincia de Cotopaxi), 24 de Mayo (en Manabí), Baba, Ventanas, Pueblo Viejo y Urdaneta (en la provincia de Los Ríos); sin embargo la distribución del uso del suelo puede haber variado considerablemente, como ha ocurrido en los cantones mencionados de la provincia de Los Ríos, en donde las superficies dedicadas a otros usos decrecen con el pasar del tiempo, y se incorporan en favor de las áreas de labor agrícola.

Para apreciar los cambios ocurridos durante los períodos intercensales, en los dieciocho (18) cantones que se han mencionado, en las siguientes páginas se presentan los gráficos 7.1 al 7.18, correspondientes al uso del suelo.

Ref. Gráficos 7.1 al 7.6

Ref. Gráficos 7.7 al 7.12

Ref. Gráficos 7.13 al 7.18

En el gráfico de cada cantón se puede apreciar la categoría de uso del suelo que más se ha incrementado, o también la que menos ha variado, en los períodos intercensales, por ejemplo en Saraguro la categoría de pastos siempre ha mantenido una tendencia creciente, mientras que la de labor prácticamente ha sido constante, y algo parecido es el comportamiento de los datos en los cantones de Sigsig, Chunchi o Santiago de Píllaro.

De esta manera se puede analizar la evolución de cualquier cantón en particular, si consideramos por ejemplo Guamote, crecen las superficies de labor y prácticamente son constantes las áreas dedicadas a otros usos, se puede observar también que el comportamiento de los cantones de la provincia de Los Ríos: Ventanas, Puebloviejo y Urdaneta son muy similares, pues permanentemente crecen las áreas de labor y disminuyen las superficies dedicadas a otros usos.

Se puede observar también posibles errores en la información, como por ejemplo en el cantón Manta, la superficie bajo UPAs disminuye considerablemente del primer censo (1954) al segundo (1974), lo que podría explicarse por una sobreestimación de estas áreas en el censo (por muestreo de lista) del año 1954, este hecho podría haber acontecido, pero en menor medida en los siguientes cantones: Cuenca, Salcedo, Saquisilí, Santa Elena, Antonio Ante, Otavalo, Saraguro, Baba, Puebloviejo, Urdaneta, Ventanas, Portoviejo, Junín, Pedro Moncayo y Baños, por cuanto las superficies bajo UPAs también disminuyen entre los dos primeros censos, pero en menor proporción.

En cambio, al comparar las superficies totales entre el segundo y el tercer censo, se pueden apreciar disminuciones en los cantones de Pichincha: Mejía y Rumiñahui, que de manera semejante se podría pensar en una subestimación de estas áreas en el tercer censo (por muestreo múltiple, de lista y áreas), salvo que en estos últimos años haya disminuido la frontera agrícola, por cuanto algunas tierras que estaban dedicadas a la actividad agropecuaria hayan sido destinadas a otros fines, por ejemplo pueden haber sido urbanizadas, especialmente en el

último cantón mencionado, Rumiñahui, dada su cercanía a la ciudad de Quito, capital del país.

Como se mencionó en el capítulo anterior, correspondiente al análisis provincial, es más importante comparar lo ocurrido con el uso del suelo en los tres censos, desde el punto de vista relativo, es decir analizar los porcentajes o distribuciones cantonales del uso del suelo considerando las tres categorías compendiadas: labor, pastos y otros usos.

En el cuadro 2 del anexo 2 se presentan los datos porcentuales resumidos sobre el uso del suelo, en el ámbito cantonal, según el tercer censo nacional agropecuario; en el mismo anexo 2, se muestran en los cuadros 3 y 4, los datos cantonales relativos sobre el uso del suelo, según los dos primeros censos agropecuarios, obviamente los porcentajes se obtuvieron dividiendo la respectiva superficie para el área total cantonal.

Para analizar y comparar los datos porcentuales de uso del suelo, en el ámbito cantonal, en los siguientes párrafos se van a presentar, en los mapas correspondientes, los colores canónicos asociados; así como también clasificar a los cantones, comparar las particiones obtenidas, representarlos en el plano que contiene a los datos, determinar la agrupación al cruzar las tres variables, y realizar el análisis de correspondencias.

7.4 LOS COLORES CANÓNICOS DE LOS DATOS CANTONALES

Puesto que el conjunto en donde pueden variar los datos cantonales también es un triángulo equilátero (de lado igual a raíz de dos) que es parte del plano: $x+y+z=1$ en el espacio vectorial R^3 ; las mismas consideraciones teóricas que se realizaron en el análisis nacional, y en el provincial, sirven también para el análisis cantonal. Se debe recordar que los colores canónicos asociados se obtienen mediante la homotecia de escalar igual a 255.

Entonces, para cada cantón, se puede determinar su color canónico, usando la transformación lineal: $G(p_1, p_2, p_3) = 255 (p_1, p_2, p_3) = (255 p_1, 255 p_2, 255 p_3)$, donde la primera componente corresponde al color verde, la segunda al rojo y la tercera al azul.

En el gráfico 7.19, de la siguiente página, se representan, en el mapa cantonal del Ecuador del año 2000, mediante los colores canónicos, los datos cantonales resumidos de uso del suelo, correspondientes al tercer censo agropecuario.

En el gráfico 7.20, de la subsiguiente página, se representan, en el mapa cantonal del Ecuador del año 1974, mediante los colores canónicos, los datos cantonales resumidos de uso del suelo, correspondientes al segundo censo agropecuario.

En el gráfico 7.21, de la ulterior página, se representan los datos cantonales de uso del suelo, correspondientes al primer censo agropecuario, por medio de los colores canónicos, en el mapa cantonal del Ecuador del año 1954.

Puesto que se han representado los datos por medio de los colores cantonales canónicos, al comparar los colores de los cantones de los respectivos mapas se están cotejando los datos cantonales, entonces si se verifican muchas variaciones cromáticas se puede afirmar que la estructura del sector agropecuario ha variado considerablemente, en cuanto tiene que ver con la utilización de la tierra en el ámbito cantonal.

En general se puede observar que en el mapa del tercer censo agropecuario se aprecian en los cantones los tonos azules y violetas, es decir en estos dominan los otros usos; se observan también los púrpuras, rojos y caquis lo que significa en estos cantones un predominio de pastos; y en muchos cantones de las provincias de Guayas, Los Ríos y algunas Zonas no Asignadas y en otros pocos cantones aislados se perciben los verdes (claro, bosque y oliva) en los que predomina la categoría de Labor.

Ref. Gráfico 7.19

Ref. Gráfico 7.20

Ref. Gráfico 7.21

En términos generales los colores del segundo censo agropecuario se parecen a los del año 2000 especialmente en la región amazónica, pero en la Sierra no dominan los tonos rojos sino el marrón, el caqui y el gris, lo que implica que en estos cantones todavía no dominaban los pastos con tanta significación.

En el primer censo del año 1954, se pueden apreciar en muchos cantones el color azul indigo, el violeta y el azul Turquí, lo que significa que en la mayoría de cantones de la costa y de la sierra (en donde se realizó el censo) predomina la categoría de otros usos.

Los colores también se podrían utilizar para clasificar a los cantones, como se hizo con las provincias, sin embargo resultaría una tarea un poco larga y que no aportaría mucho al análisis; pueden servir para apreciar la evolución que ha ocurrido en cada cantón; cabe mencionar por ejemplo el caso del cantón Antonio Ante (F2) que en los tres censos tiene un color verde, que lo identifica constantemente con la labor agrícola como principal uso del suelo.

7.5 CLASIFICACIÓN CANTONAL MEDIANTE CARACTERÍSTICAS MATEMÁTICAS DE ORDEN

A continuación, para analizar y comparar los datos cantonales, se van a seguir los lineamientos expresados en el capítulo anterior, en el numeral correspondiente a la clasificación provincial (6.5), es decir se determinarán las particiones PB (con la norma p unitaria) y PT de los cantones, para los tres censos realizados.

En el caso en que los cantones son los individuos correspondientes al tercer censo agropecuario del año 2000, para encontrar la partición PB, considerando la norma p unitaria, un valor conveniente de R es igual a: 0,29.

A continuación se presenta la partición PB que se obtiene con los datos cantonales, de uso del suelo, correspondientes al tercer censo agropecuario del

año 2000 (usando un subíndice final, con la letra t, en todos los subconjuntos de la partición).

Subconjunto donde las categorías de uso del suelo están equilibradas:

$$B_{0,t} = \{ A5, B2, B3, B5, C6, D4, E4, F1, F4, F5, G1, H0, H8, J4, Jf, M0, M1, M6, M7, Me, Mf, P4, P9, R2, T7, X2, X3, X4, Y3, Y5, Y7, Ya, Yc, Yd, Yw, Yy \} \cup \{ li, Qq, Kk \}$$

Subconjunto donde domina el porcentaje de Labor y luego Pastos:

$$B_{1,2,3,t} = \{ B7, C4, D2, D3, F2, H7, Jd, L2, L3, L4, L5, L6, L7, L8, L9, Lb, O9, T3, T9, Y2, Y6, Y8, Y9, Yf, Yn, Yp, Yu, Yv \}$$

Subconjunto donde domina el porcentaje de Labor y luego Otros Usos:

$$B_{1,3,2,t} = \{ D1, L0, L1, La, Mb, O1, O6, Y0, Yb, Yj, Yt \}$$

Subconjunto donde domina el porcentaje de Pastos y luego Labor:

$$B_{2,1,3,t} = \{ Ad, B4, B6, C5, C7, H1, H2, H3, H4, H6, H9, M2, M3, M4, Ma, Mj, O0, O4, Od, P2, P6, R5, R6, T1, T4, T6, T8, X1, X5, X6, Y4 \}$$

Subconjunto donde domina el porcentaje de Pastos y luego Otros Usos:

$$B_{2,3,1,t} = \{ A0, A1, A2, A3, A4, A6, A7, A8, A9, Aa, Ab, Ac, B1, C2, C3, E1, E6, E7, F6, G2, G3, H5, J0, J1, J2, J3, J5, J6, J7, J9, Ja, Jb, Je, M5, Mc, Md, Mh, Mp, N3, N7, O2, O3, O5, O8, Oa, Oc, P1, P3, P5, P7, P8, R1, R3, T5, U3, U4, U6, X7, Yz, Z2, Z4 \}$$

Subconjunto donde domina el porcentaje de Otros Usos y luego Labor:

$$B_{3,1,2,t} = \{ E5, M9, Mr, S1, S3, S4, S6, W1, W2, W3, W4, Ye, Yx \}$$

Subconjunto donde domina el porcentaje de Otros Usos y luego Pastos:

$$B_{3,2,1,t} = \{ C1, E2, E3, F3, J8, Jc, M8, Mn, N1, N4, N9, Ob, O7, R4, S2, S5, S7, T2, U0, U1, U2, U5, U7, U8, U9, V1, V2, V3, V4, Y1, Yh, Yr, Z1, Z3, Z5, Z6, Z7, Z8 \}$$

A continuación se presenta la partición PB que se obtiene con los datos cantonales, de uso del suelo, correspondientes al segundo censo agropecuario del año 1974 (usando un subíndice final, con la letra s, en los todos los subconjuntos de la partición).

Subconjunto donde las categorías de uso del suelo están equilibradas:

$$B_{0,s} = \{ A1, a2, a5, a8, b1, B2, c1, c3, dd, e1, E3, f1, F3, F4, j0, j4, j8, l8, M0, M1, m2, M4, M7, mc, o2, Ob, p6, r3, r5, T5, X3, x4, y4, y6, ya \} \cup \{ li, Qq, Kk \}$$

Subconjunto donde domina el porcentaje de Labor y luego Pastos:

$$B_{1,2,3,s} = \{ b3, F2, h3, H5, h7, l1, L4, l5, L6, L7, mb, Mf, o1, o9, P4, T7, X6, Y0, Y8, yb, yf, yp \}$$

Subconjunto donde domina el porcentaje de Labor y luego Otros Usos:

$$B_{1,3,2,s} = \{ M8, Yh \}$$

Subconjunto donde domina el porcentaje de Pastos y luego Labor:

$$B_{2,1,3,s} = \{ A9, B5, c2, h1, h2, H6, j9, Ja, L2, P2, P5, t1, T6, T8, x1, X5, Yn \}$$

Subconjunto donde domina el porcentaje de Pastos y luego Otros Usos:

$$B_{2,3,1,s} = \{ a3, gg, j1, J2, j7, m3, md, o0, oc, P3, r1, Z4 \}$$

Subconjunto donde domina el porcentaje de Otros Usos y luego Labor:

$$B_{3,1,2,s} = \{ e2, E4, J6, m6, m9, s3, W2, ye \}$$

Subconjunto donde domina el porcentaje de Otros Usos y luego Pastos:

$$B_{3,2,1,s} = \{ n1, n7, P1, s5, T2, u1, U2, u3, u4, U5, u6, v1, V2, w1, y1, z1, z2 \}$$

Del segundo al tercer censo muchos cantones se fragmentan, y por este motivo los conjuntos universos de análisis no coinciden, sin embargo se puede determinar que de los cuarenta y siete (47) cantones que no han cambiado sus límites cantonales, veinte y seis (26) cantones (es decir el 55,3%) permanecen, durante los dos últimos censos, en el mismo grupo de la partición PB, estos son:

- En la bola B_0 (donde las categorías de uso del suelo están equilibradas): Chillanes (B2), Otavalo (F4), Paján (M0), Portoviejo (M1), Junín (M7), Santa Rosa (Ob), y Pangua (X3).
- En el grupo $B_{1,2,3}$ (donde domina el porcentaje de Labor y luego Pastos): Antonio Ante (F2), Puebloviejo (L4), Urdaneta (L6), Ventanas (L7), y El Empalme (Y8).
- En el grupo $B_{2,1,3}$ (donde domina el porcentaje de Pastos y luego Labor): Guamote (H6), Cayambe (P2), Quero (T6), Santiago de Píllaro (T8), y Salcedo (X5).
- En el grupo $B_{2,3,1}$ (donde domina el porcentaje de Pastos y luego Otros Usos): Calvas (J2), Mejía (P3), y Yacuambi (Z4).
- En el grupo $B_{3,1,2}$ (donde domina el porcentaje de Otros Usos y luego Labor): Montecristi (M9), y Aguarico (W2).
- En el grupo $B_{3,2,1}$ (donde domina el porcentaje de Otros Usos y luego Pastos): Baños (T2), Gualaquiza (U2), Santiago (U5), y Mera (V2).

Se presenta también la partición PB que se obtiene con los datos cantonales, de uso del suelo, correspondientes al primer censo agropecuario del año 1954 (usando un subíndice final, con la letra p, en los subconjuntos de la partición).

Subconjunto donde las categorías de uso del suelo están equilibradas:

$$B_{0,p} = \{ A1, a2, A9, c1, c2, r5, h2, h3, h7, o1, 1e, j7, j9, Ja, l8, M1, 3m, M8, mb, 6y, P4, t7 \} \cup \{ ii, qq, kk \}$$

Subconjunto donde domina el porcentaje de Labor y luego Pastos:

$$B_{1,2,3,p} = \{ h1, H5, L2, M0, T8 \}$$

Subconjunto donde domina el porcentaje de Labor y luego Otros Usos:

$$B_{1,3,2,p} = \{ a3, a5, b3, o9, oo, e2, y0, F2, L6, Mf \}$$

Subconjunto donde domina el porcentaje de Pastos y luego Labor:

$$B_{2,1,3,p} = \{ r1, X5, X6, H6, F4, P2, P5, 1t \}$$

Subconjunto donde domina el porcentaje de Pastos y luego Otros Usos:

$$B_{2,3,1,p} = \{ x1, x4, j1, j4, j8, P3 \}$$

Subconjunto donde domina el porcentaje de Otros Usos y luego Labor:

$$B_{3,1,2,p} = \{ a8, b5, c3, X3, Yh, ob, ye,, py, f1, F3, j0, l1, L4, l5, L7, m6, M7, m9, mc \}$$

Subconjunto donde domina el porcentaje de Otros Usos y luego Pastos:

$$B_{3,2,1,p} = \{ b1, r3, oc, y1, 4y, j2, m2, md, p1, T2 \}$$

De igual forma, del primero al segundo censo, algunos cantones se fragmentan y por tanto los conjuntos universos de análisis no coinciden, sin embargo se puede verificar que de los sesenta y siete (67) cantones que permanecen estables en sus límites cantonales, solamente dieciséis cantones (es decir el 23,9%) se mantienen en el mismo grupo en los dos primeros censos, estos son:

- En el grupo B_0 (donde las categorías de uso del suelo están equilibradas): Cuenca (A1), Azogues (c1), Vinces (l8), y Montúfar (r5).
- En el grupo $B_{1,2,3}$ (donde domina el porcentaje de Labor y luego Pastos): Chunchi (H5).
- En el grupo $B_{2,1,3}$ (donde domina el porcentaje de Pastos y luego Labor): Guamote (H6), Cayambe (P2), Rumiñahui (P5), y Salcedo (X5).
- En el grupo $B_{2,3,1}$ (donde domina el porcentaje de Pastos y luego Otros Usos): Loja (j1), y Mejía (P3).
- En el grupo $B_{3,1,2}$ (donde domina el porcentaje de Otros Usos y luego Labor): Jipijapa (m6) y Montecristi (m9), y Salinas (ye).
- En el grupo $B_{3,2,1}$ (donde domina el porcentaje de Otros Usos y luego Pastos): Baños (T2), y Guayaquil (y1).

De los veinte y siete cantones que no han variado sus límites (desde 1954 hasta el 2000), apenas cinco (el 18,5%) permanecen siempre en el mismo subconjunto:

- En el grupo $B_{2,1,3}$: Guamote (H6), Cayambe (P2), y Salcedo (X5).
- En el grupo $B_{2,3,1}$: Mejía (P3).
- En el grupo $B_{3,2,1}$: Baños (T2).

Por tanto la mayoría de cantones cambian de grupo de uso del suelo, considerando la clasificación PB, por ello se puede afirmar que se han producido notables modificaciones en la estructura del uso del suelo en el ámbito cantonal.

Para analizar y comparar los datos considerando la segunda clasificación matemática propuesta, a continuación se obtiene la partición cantonal PT_h con $h=0,01$, en la que se omitirá el subíndice h para simplificar la notación.

Con los datos del tercer censo agropecuario del año 2000, la partición PT_h (con $h=0,01$) está constituida por los siguientes subconjuntos:

Subconjunto donde las categorías están balanceadas:

$$T_{0,t} = \{ A5, B2, B3, B5, C6, D4, E4, F1, F4, F5, H0, H8, J4, J5, Jf, M0, M1, M6, \\ M7, Mc, Me, Mf, P4, P9, R2, R5, W3, X2, X3, X4, Y3, Y5, Y7, Yc, Yd, Yw, \\ Yy \} \cup \{ Kk, Qq, li \}$$

Subconjunto donde la categoría mayor es la de labor:

$$T_{1,t}^M = \{ C4, D2, F2, L0, L1, L2, L3, L4, L5, L6, L7, L8, L9, La, Lb, T3, Y0, Y2, Y6, \\ Y9, Yb, Yf, Yn, Yp, Yt, Yu, Yv \}$$

Subconjunto donde la categoría mayor es la que corresponde a pastos:

$$T_{2,t}^M = \{ A2, A7, Ab, Ad, B1, C2, C7, G2, G3, H4, H5, H6, H9, J0, J1, Ja, Je, M2, \\ M3, M4, M5, Md, Mh, O0, O2, O3, O5, O8, Oa, Oc, Od, P2, P3, P5, P8, R1, \\ R6, T1, T5, T8 \}$$

Subconjunto donde la categoría mayor es la de otros usos:

$$T_{3,t}^M = \{ E2, E5, Jc, M8, M9, Mn, Mr, N9, O7, S2, S3, S5, S6, S7, T2, U0, U1, U8, \\ U9, V1, V2, V3, V4, W1, W2, W4, Y1, Ye, Yh, Yr, Z1, Z3 \}$$

Subconjunto donde la categoría menor es la que corresponde a labor:

$$T_{1,t}^m = \{ A0, A1, A3, A4, A6, A8, A9, Aa, Ac, C1, C3, E1, E3, E6, E7, F3, F6, G1, \\ J2, J3, J6, J7, J8, J9, Jb, Mp, N1, N3, N4, N7, Ob, P1, P7, R3, R4, U2, U3, \\ U4, U5, U6, U7, X7, Yz, Z2, Z4, Z5, Z6, Z7, Z8 \}$$

Subconjunto donde la categoría menor es la de pastos:

$$T_{2,t}^m = \{ D1, Mb, O1, O6, S1, S4, Ya, Yj, Yx \}$$

Subconjunto donde la categoría menor es la que corresponde a otros usos:

$$T_{3,t}^m = \{ B4, B6, B7, C5, D3, H1, H2, H3, H7, Jd, Ma, Mj, O4, O9, P6, T4, T6, T7, T9, X1, X5, X6, Y4, Y8 \}$$

En el gráfico 7.22, de la siguiente página, se representa la partición PT_h , en el mapa cantonal del tercer censo agropecuario; es decir se muestran los cantones clasificados; adjudicando a cada individuo el color correspondiente al centro de gravedad del grupo al que pertenece, de esta manera el color asignado a los cantones de un subconjunto de la partición, es el color que más se asemeja a los colores canónicos de los elementos que lo conforman.

Es claro que los colores que dominan en la clasificación PT del tercer censo (gráfico 7.22) son el azul violeta (que corresponde a otros usos), el púrpura, y el rojo ladrillo (que se relacionan con pastos).

Con los datos del segundo censo agropecuario del año 1974, la partición PT_h está formada por los siguientes subconjuntos.

Subconjunto donde las categorías están balanceadas:

$$T_{0,s} = \{ B2, E3, F3, F4, J2, M0, M4, M7, Ob, T2, T5, X3, a2, a8, b1, c1, c3, dd, e1, f1, j0, j4, j8, l8, m2, mc, o2, p6, r3, r5, x4, y4, ya \} \cup \{ li, Qq, Kk \}$$

Subconjunto donde la categoría mayor es la de labor:

$$T_{1,s}^M = \{ F2, L6, L7, X6, h7, l5, Y0, yb \}$$

Subconjunto donde la categoría mayor es la que corresponde a pastos:

$$T_{2,s}^M = \{ H6, Ja, P3, P5, T6, T8, X5, c2, h1, h2, j1, oc, r1, x1 \}$$

Subconjunto donde la categoría mayor es la de otros usos:

$$T_{3,s}^M = \{ E4, J6, U2, V2, n1, n7, s3, s5, u1, u4, v1, w1, ye, z1, z2 \}$$

Ref. Gráfico 7.22

Subconjunto donde la categoría menor es la que corresponde a labor:

$$T^m_{1,s} = \{ A1, P1, U5, Z4, a3, gg, j7, m3, md, o0, u3, u6, y1 \}$$

Subconjunto donde la categoría menor es la de pastos:

$$T^m_{2,s} = \{ M1, M6, M8, M9, W2, Yh, e2 \}$$

Subconjunto donde la categoría menor es la que corresponde a otros usos:

$$T^m_{3,s} = \{ A9, B5, H5, L2, L4, Mf, P2, P4, T7, Y8, Yn, a5, b3, h3, j9, l1, mb, o1, o9, t1, y6, yf, yp \}$$

Se puede verificar que, de los cuarenta y siete (47) cantones con fronteras estables en el segundo período intercensal, veinte (20) cantones (es decir el 42,6%) permanecen, durante los dos últimos censos, en el mismo grupo de la clasificación PT, estos son:

- En el grupo $T_{0,h}$ (donde las categorías están balanceadas): Chillanes (B2), Otavalo (F4), Paján (M0), Junín (M7), y Pangua (X3).
- En el grupo $T^M_{1,h}$ (donde la categoría mayor es la de labor): Antonio Ante (F2), Urdaneta (L6) y Ventanas (L7).
- En el grupo $T^M_{2,h}$ (donde la categoría mayor es la de pastos): Guamote (H6), Saraguro (Ja), Mejía (P3), Rumiñahui (P5) y Santiago de Píllaro (T8).
- En el grupo $T^M_{3,h}$ (donde la categoría mayor es la de otros usos): Mera (V2)
- En el grupo $T^m_{1,h}$ (donde la categoría menor es la de labor): Cuenca (A1), Quito (P1), Santiago (U5), y Yacuambi (Z4).
- En el grupo $T^m_{3,h}$ (donde la categoría menor es la de otros usos): San Pedro de Pelileo (T7), y El Empalme (Y8).

En el gráfico 7.23, de la siguiente página, se representa la partición PT_h , en el mapa cantonal del segundo censo agropecuario; es decir se muestran los cantones clasificados, asignando a cada elemento el color correspondiente al centro de gravedad del subconjunto al que pertenece.

Se puede apreciar que en la clasificación del segundo censo (gráfico 7.23) los colores que dominan son el azul violeta en los cantones amazónicos.

Ref. Gráfico 7.23

Se observa también cantones con color gris en las otras dos regiones, Costa y Sierra, que significa cantones con categorías balanceadas; algunos cantones poseen el color anaranjado (marrón claro), otros el púrpura, y otros el caqui, y también existen algunos cantones con el color verde, los significados ya se han mencionado en varias ocasiones anteriores, y en todo caso se puede revisar los gráficos 3.3 hasta 3.6.

Con los datos resumidos de uso del suelo, correspondientes al primer censo agropecuario del año 1954, la partición PT queda conformada por los siguientes subconjuntos:

Subconjunto donde las categorías están balanceadas:

$$T_{0,p} = \{ A1, A9, F4, Ja, M8, P4, c1, h2, h3, h7, j7, j9, l8, m2, mb, md, o1, r5, t7, 1e, 3m \} \cup \{ ii, qq, kk \}$$

Subconjunto donde la categoría mayor es la de labor:

$$T_{1,p}^M = \{ F2 \}$$

Subconjunto donde la categoría mayor es la que corresponde a pastos:

$$T_{2,p}^M = \{ H6, P3, P5, X5, X6, j8, x1 \}$$

Subconjunto donde la categoría mayor es la de otros usos:

$$T_{3,p}^M = \{ F3, L7, m9, T2, X3, Yh, a8, j0, j2, l5, p1, ye, 4y \}$$

Subconjunto donde la categoría menor es la que corresponde a labor:

$$T_{1,p}^m = \{ b1, j1, j4, oc, r3, x4, y1, 6y \}$$

Subconjunto donde la categoría menor es la de pastos:

$$T_{2,p}^m = \{ L4, L6, M1, m6, M7, Mf, a2, a3, a5, b3, b5, c3, e2, f1, l1, mc, o9, ob, oo, py, y0 \}$$

Subconjunto donde la categoría menor es la que corresponde a otros usos:

$$T_{3,p}^m = \{ H5, L2, M0, P2, T8, c2, h1, r1, 1t \}$$

Se puede determinar que, de los sesenta y siete (67) cantones con fronteras estables durante el primer período intercensal, solamente diecisiete (17) cantones (es decir el 25,4%) se mantienen en el mismo grupo de la clasificación PT_h , en los dos primeros censos, estos son:

- En el grupo $T_{0,h}$ (donde las categorías están balanceadas): Otavalo (F4), Azogues (c1), Vinces (I8) y Bolívar (m2).
- En el grupo $T_{1,h}^M$ (donde la categoría mayor es la de labor): Antonio Ante (F2).
- En el grupo $T_{2,h}^M$ (donde la categoría mayor es la de pastos): Guamote (H6), Mejía (P3), Rumiñahui (P5), Salcedo (X5) y Latacunga (x1).
- En el grupo $T_{3,h}^M$ (donde la categoría mayor es la de otros usos): Salinas (ye).
- En el grupo $T_{1,h}^m$ (donde la categoría menor es la de labor): Guayaquil (y1).
- En el grupo $T_{2,h}^m$ (donde la categoría menor es la de pastos): Portoviejo (M1) y Eloy Alfaro (e2).
- En el grupo $T_{3,h}^m$ (donde la categoría menor es la de otros usos): Chunchi (H5), Cayambe (P2) y Baba (L2).

Se puede observar que, de los 27 cantones con fronteras estables durante ambos períodos intercensales, apenas cinco (5) cantones (es decir el 18,5%) se mantienen en el mismo grupo en los tres censos agropecuarios.

- En el grupo $T_{0,h}$ (donde las categorías están balanceadas): Otavalo (F4).
- En el grupo $T_{1,h}^M$ (donde la categoría mayor es la de labor): Antonio Ante (F2).
- En el grupo $T_{2,h}^M$ (donde la categoría mayor es la de pastos): Guamote (H6), Mejía (P3), Rumiñahui (P5).

Por tanto, considerando la clasificación PT, también se verifica que la mayoría de cantones cambian de grupo de uso del suelo; entonces se puede ratificar lo expresado en los análisis precedentes, es decir que se han producido cambios importantes en la estructura del uso del suelo en el ámbito cantonal.

En el gráfico 7.24, de la siguiente página, se representa la partición PT_h , en el mapa cantonal del primer censo agropecuario; es decir se muestran los cantones clasificados, adjudicando a cada individuo el color correspondiente al centro de gravedad del grupo al que pertenece; entonces, de esta manera, el color asignado a los cantones de un subconjunto de la partición, es el color que más se asemeja a los colores canónicos de los elementos que lo conforman.

En el mapa que corresponde a la partición PT del primer censo agropecuario se observa una buena cantidad de cantones grises, también hay verdes oscuros, una buena cantidad de cantones con colores: azul violeta y púrpura, y unos pocos con color rojo ladrillo, hay que referirse a los gráficos 3.3 al 3.6 para sus interpretaciones.

El cambio en la estructura del uso del suelo, ocurrido desde el año 1954 hasta el 2000, determinado al comparar las respectivas particiones, se ilustra y ratifica perfectamente observando las variaciones ocurridas en los colores de las particiones PT, en los mapas correspondientes a los tres censos agropecuarios, y principalmente los cambios acaecidos en los colores cantonales canónicos, en los mapas respectivos (comparar los gráficos: 7.19, 7.20 y 7.21).

Si se consideran además las intersecciones de los respectivos subconjuntos de la clasificación PB, asociadas a los tres censos, se puede afirmar que solamente los cantones: Guamote (H6) y Mejía (P3) permanecen estables en sus correspondientes grupos, de las particiones PB y PT, entonces se puede decir que estos cantones cambian poco en cuanto a la estructura del uso del suelo.

El problema de los análisis preliminares precedentes, mediante las clasificaciones PB y PT, es que los universos de estudio no coinciden, por este motivo no se logran comparar adecuadamente, siempre se debe hacer referencia al número de cantones con fronteras estables, y no se pueden determinar los índices o porcentajes de similitud entre las clasificaciones relacionadas con los censos agropecuarios.

Ref. Gráfico 7.24

Para poder comparar las particiones correspondientes a los tres censos por medio de los porcentajes de similitud y disimilitud, se deberían reconstruir los datos para hacer coincidir los cantones en los tres años censales (2000; 1974; y 1954), esto se podría concebir, con referencia al año 2000, si se tendrían los datos parroquiales de los dos primeros censos, de 1954 y 1974, y las actas de creación de los cantones desde 1954, pero esto no es factible; y la otra alternativa que si resulta realizable, con referencia al año 1954, agregando los datos de superficies correspondientes a las desmembraciones ocurridas en cada cantón.

Si se elige esta segunda alternativa, se obtiene la siguiente clasificación de los datos del año 2000 en los cantones del año 1954, de manera que se pueda comparar los dos censos mediante los porcentajes de similitud entre dos particiones del conjunto de los cantones del Ecuador en el año 1954 (que constituiría el universo de estudio común)

Subconjunto donde las categorías están balanceadas:

$$T_{0,t,p} = \{ 1e, 4y, 6y, F4, M0, M1, M7, Mf, P4, X3, b5, c3, cc, f1, h2, h3, j0, j4, m6, mb, mc, p1, py, r5, t7, x4 \} \cup \{ ii, qq, kk \}$$

Subconjunto donde la categoría mayor es la de labor:

$$T_{1,t,p}^M = \{ y0, F2, L2, L4, L6, L7, l1, l5, l8 \}$$

Subconjunto donde la categoría mayor es la que corresponde a pastos:

$$T_{2,t,p}^M = \{ H5, H6, Ja, P2, P3, P5, T8, b1, c2, md, oc, oo, r1, 1t, 3m \}$$

Subconjunto donde la categoría mayor es la de otros usos:

$$T_{3,t,p}^M = \{ M8, T2, Yh, e2, jj, m9, y1, ye \}$$

Subconjunto donde la categoría menor es la que corresponde a labor:

$$T_{1,t,p}^m = \{ A1, A9, F3, a2, a3, a5, a8, c1, j1, j2, j7, j8, j9, ob, r3, x1 \}$$

Subconjunto donde la categoría menor es la de pastos:

$$T_{2,t,p}^m = \{ o1 \}$$

Subconjunto donde la categoría menor es la que corresponde a otros usos:

$$T^m_{3,t,p} = \{ X5, X6, b3, h1, h7, m2, o9 \}$$

En consecuencia la mayoría de cantones pertenecen al grupo en donde las categorías están balanceadas, y le sigue el subconjunto en el que predominan los pastos, y a continuación el que se caracteriza por poca labor.

Se establece entonces que los cantones del año 1954 que no han cambiado considerablemente, hasta el año 2000, son los que están en las intersecciones de los subconjuntos correspondientes, que se expresan a continuación:

$$T_{0,p} \cap T_{0,t,p} = \{ F4, P4, h2, h3, mb, r5, t7, 1e \} \cup \{ ii, kk \}$$

$$T^M_{1,p} \cap T^M_{1,t,p} = \{ F2 \}$$

$$T^M_{2,p} \cap T^M_{2,t,p} = \{ H6, P3, P5 \}$$

$$T^M_{3,p} \cap T^M_{3,t,p} = \{ T2, Yh, ye \}$$

$$T^m_{1,p} \cap T^m_{1,t,p} = \{ j1, r3 \}$$

$$T^m_{2,p} \cap T^m_{2,t,p} = \emptyset$$

$$T^m_{3,p} \cap T^m_{3,t,p} = \{ h1 \}$$

Hay que advertir que los códigos con minúsculas corresponden a los cantones que se han fraccionado, por ejemplo de Riobamba (h1) del año 1954 se dividió su territorio para formar el cantón Chambo y obviamente el nuevo cantón Riobamba con menos superficie que la del primer censo.

Por tanto en el tercer censo del año 2000, apenas 18 de los 80 cantones de 1954, es decir el 22,5% de los cantones, permanecen en el mismo grupo de uso del

suelo en la clasificación PT, entre ellos hay 8 cantones que no han sido objeto de división de su territorio para la creación o formación de otros cantones (identificados por los códigos, con letras mayúsculas, que coinciden con los del tercer censo). Los 18 cantones que continúan en el mismo grupo en los dos censos (correspondientes al año 1954 y al año 2000) son los siguientes:

- En el grupo T_0 (donde las categorías están balanceadas): Otavalo (F4), Pedro Moncayo (P4), Alausí del año 1954, es decir lo que corresponde a Alausí (h2) (que en el año 1954 contenía a Cumandá), Colta (h3) (que incluía a Pallatanga), Rocafuerte (mb) (que abarcaba a Tosagua), Montúfar (r5) (que contenía a Bolívar), San Pedro de Pelileo (t7) (que incluía a Patate), y Esmeraldas (1e) (que abarcaba a Muisne y a Quinindé),
- En el grupo T^M_1 (donde la categoría mayor es la de labor): Antonio Ante (F2) es el único cantón que en ambos censos (primero y tercero), la mayor parte de la superficie bajo UPAs, está dedicada a cultivos permanentes y transitorios.
- En el grupo T^M_2 (donde la categoría mayor es la de pastos): Guamote (H6), Mejía (P3), y Rumiñahui (P5).
- En el grupo T^M_3 (donde la categoría mayor es la de otros usos): Baños (T2), Santa Elena (Yh), y Salinas (ye) (que contenía a La Libertad).
- En el grupo T^m_1 (donde la categoría menor es la de labor): Loja (j1) (que contenía a Catamayo), Espejo (r3) (que incluía a Mira).
- En el grupo T^m_3 (donde la categoría menor es la de otros usos): Riobamba (h1) (que abarcaba a Chambo).

Al calcular los índices, o porcentajes, de similitud entre las dos particiones cantonales PT correspondientes a los dos censos agropecuarios, de los años 1.954 y 2.000 (en los cantones de 1.954) se obtienen los siguientes resultados:

$$e = (8+1+3+3+2+0+1)/(39+10+19+18+22+22+15) = 18/145 = 0,1241 = 12,41\%$$

$$\varepsilon = (8/39+1/10+3/19+3/18+2/22+0/22+1/15)/7 = 11,25\%$$

$$E = 18/60 = 22,50\%$$

Por tanto las particiones PT, correspondientes a los censos del año 1954 y del 2000, se asemejan muy poco por elementos y por grupos, y en el mejor de los casos se consigue afirmar que las particiones PT simplemente se asemejan poco.

Entonces se puede afirmar que, desde el año 1954 hasta el 2000, han ocurrido grandes cambios, en el ámbito cantonal, en la estructura del uso del suelo.

A continuación se presenta la partición correspondiente a los datos del año 1974, agregando apropiadamente las superficies, en los cantones del año 1954.

Subconjunto donde las categorías están balanceadas:

$$T_{0,s,p} = \{ F3, F4, M0, M7, T2, X3, a2, a8, b1, c1, c3, cc, f1, j0, j2, j4, j8, jj, l8, m2, mc, ob, oo, p1, py, r3, r5, t7, x4, 1e, 4y \} \cup \{ ii, qq, kk \}$$

Subconjunto donde la categoría mayor es la de labor:

$$T_{1,s,p}^M = \{ F2, L6, L7, X6, h7, l5, y0 \}$$

Subconjunto donde la categoría mayor es la que corresponde a pastos:

$$T_{2,s,p}^M = \{ H6, Ja, P3, P5, T8, X5, c2, h1, h2, j1, oc, r1, x1 \}$$

Subconjunto donde la categoría mayor es la de otros usos:

$$T_{3,s,p}^M = \{ ye \}$$

Subconjunto donde la categoría menor es la que corresponde a labor:

$$T_{1,s,p}^m = \{ A1, a3, j7, md, y1, 3m \}$$

Subconjunto donde la categoría menor es la de pastos:

$$T_{2,s,p}^m = \{ M1, M8, e2, m6, m9, yh \}$$

Subconjunto donde la categoría menor es la que corresponde a otros usos:

$$T_{3,s,p}^m = \{ A9, H5, L2, L4, Mf, P2, P4, a5, b3, b5, h3, j9, l1, mb, o1, o9, 1t, 6y \}$$

Por tanto la mayoría de cantones se encuentran en el subconjunto en donde las categorías están balanceadas, y le sigue el grupo en donde predominan los pastos.

Se encuentra entonces que los cantones del año 1954 que no han cambiado considerablemente, hasta el año 1974, son los que están en las intersecciones de los subconjuntos correspondientes, que se expresan a continuación:

$$T_{0,p} \cap T_{0,s,p} = \{ F4, c1, l8, m2, r5, t7, 1e \} \cup \{ ii, kk \}$$

$$T_{1,p}^M \cap T_{1,s,p}^M = \{ F2 \}$$

$$T_{2,p}^M \cap T_{2,s,p}^M = \{ H6, P3, P5, X5, x1 \}$$

$$T_{3,p}^M \cap T_{3,s,p}^M = \{ ye \}$$

$$T_{1,p}^m \cap T_{1,s,p}^m = \{ y1 \}$$

$$T_{2,p}^m \cap T_{2,s,p}^m = \{ M1, e2 \}$$

$$T_{3,p}^m \cap T_{3,s,p}^m = \{ H5, L2, P2, 1t \}$$

Por tanto en el segundo censo, solamente 21 de los 80 cantones de 1954, es decir el 26,25% de los cantones, han permanecido en el mismo grupo de uso del suelo en la clasificación PT, entre ellos hay 10 cantones que no han sido objeto de segmentación de su territorio para la creación o formación de otros cantones. Los 21 cantones que continúan en el mismo grupo, en los dos primeros censos agropecuarios, son los siguientes:

- En el grupo T_0 (donde las categorías están balanceadas): Otavalo (F4), Azogues (c1) que en el año 1954 contenía a Deleg; Vinces (l8) que abarcaba a Palenque; Bolívar (m2) que incluía al cantón Pichincha; Montúfar (r5) que contenía al cantón Bolívar; San Pedro de Pelileo (t7) que

abarcaba a Patate; y el cantón Esmeraldas (1e) que incluía a Muisne y Quinindé.

- En el grupo T^M_1 (donde la categoría mayor es la de labor): Antonio Ante (F2) es el único cantón en donde la mayor parte de la superficie bajo UPAs está dedicada a cultivos permanentes y transitorios.
- En el grupo T^M_2 (donde la categoría mayor es la de pastos): Guamote (H6), Mejía (P3), Rumiñahui (P5), Salcedo (X5), y Latacunga (x1) que en el año 1954 contenía a Sigchos.
- En el grupo T^M_3 (donde la categoría mayor es la de otros usos): Salinas (ye) que incluía a La Libertad (en el primer censo agropecuario).
- En el grupo T^m_1 (donde la categoría menor es la de labor): Guayaquil (y1) que abarcaba a Playas en el año 1954.
- En el grupo T^m_2 (donde la categoría menor es la de pastos): Portoviejo (M1), y Eloy Alfaro (e2) que contenía a San Lorenzo en 1954.
- En el grupo T^m_3 (donde la categoría menor es la de otros usos): Chunchi (H5), Baba (L2) y Cayambe (P2).

Al calcular los índices, o porcentajes, de similitud entre las dos particiones cantonales PT correspondientes a los dos censos agropecuarios, de los años 1.954 y 1.974 (en los cantones de 1.954) se obtienen los siguientes resultados:

$$e = (7+1+5+1+1+2+4)/(45+7+15+13+13+25+24) = 21/142 = 0,1479 = 14,79\%$$

$$\varepsilon = (7/45+1/7+5/15+1/13+1/13+2/25+4/24)/7 = 14,74\%$$

$$E = 21/80 = 26,25\%$$

Por tanto las particiones PT, correspondientes a los dos primeros censos, se asemejan muy poco por elementos y por grupos, y en el mejor de los casos se consigue afirmar que las particiones PT simplemente se asemejan poco.

Entonces se puede afirmar que, desde el año 1954 hasta 1974, han ocurrido grandes cambios, en el ámbito cantonal, en la estructura del uso del suelo.

Además se pueden verificar las siguientes igualdades, correspondientes a las intersecciones en los tres censos agropecuarios, considerando los cantones del año 1954:

$$T_{0,p} \cap T_{0,t,p} \cap T_{0,s,p} = \{ F4, r5, t7, 1e \} \cup \{ ii, kk \}$$

$$T_{1,p}^M \cap T_{1,t,p}^M \cap T_{1,s,p}^M = \{ F2 \}$$

$$T_{2,p}^M \cap T_{2,t,p}^M \cap T_{2,s,p}^M = \{ H6, P3, P5 \}$$

$$T_{3,p}^M \cap T_{3,t,p}^M \cap T_{3,s,p}^M = \{ ye \}$$

$$T_{1,p}^m \cap T_{1,t,p}^m \cap T_{1,s,p}^m = \emptyset$$

$$T_{2,p}^m \cap T_{2,t,p}^m \cap T_{2,s,p}^m = \emptyset$$

$$T_{3,p}^m \cap T_{3,t,p}^m \cap T_{3,s,p}^m = \emptyset$$

Entonces apenas nueve de los ochenta cantones del año 1954, es decir el 11,25%, se mantienen en el mismo subconjunto de las particiones PT, en los tres censos agropecuarios, estos son:

- En el grupo T_0 (donde las categorías están balanceadas): Otavalo (F4) en Imbabura, Montúfar (r5) (que en 1954 contenía a Bolívar) en Carchi, San Pedro de Pelileo (t7) (que incluía a Patate) en Tungurahua, y el cantón Esmeraldas (1e) (que abarcaba a Muisne y Quinindé) en la provincia de Esmeraldas.
- En el grupo T_1^M (donde la categoría mayor es la de labor): Antonio Ante (F2) es el único cantón en donde la mayor parte de la superficie bajo UPAs está dedicada a cultivos permanentes y transitorios.
- En el grupo T_2^M (donde la categoría mayor es la de pastos): Guamote (H6), en la provincia de Chimborazo, Mejía (P3) y Rumiñahui (P5) en Pichincha.

- En el grupo T^M_3 (donde la categoría mayor es la de otros usos): Salinas (ye), que en el año 1954 corresponde a Salinas con La Libertad, en la provincia del Guayas.

Para comparar los datos de los dos últimos censos, por medio de la similitud entre particiones, se llevan los datos del año 2000 a los cantones correspondientes del año 1974 (agregando las superficies de los cantones de la desmembración respectiva), y se obtiene la siguiente partición:

$$T_{0,t,s} = \{ B2, B5, E4, F4, M0, M1, M7, Mf, P4, X3, c3, cc, f1, h2, h3, j0, j4, m6, mb, mc, p6, r5, x4, y4, y6, ya \} \cup \{ ii, qq, kk \}$$

$$T^M_{1,t,s} = \{ F2, L2, L4, L6, L7, Yf, Yn, I1, I5, I8, Y0, yp \}$$

$$T^M_{2,t,s} = \{ H5, H6, Ja, M4, P2, P3, P5, T5, T8, b1, c2, gg, m3, md, o0, o2, oc, r1, t1 \}$$

$$T^M_{3,t,s} = \{ M8, T2, V2, W2, e2, jj, m9, s3, s5, u1, v1, w1, y1, ye, yh \}$$

$$T^m_{1,t,s} = \{ A1, A9, E3, F3, J2, J6, Ob, P1, U2, U5, Z4, a2, a3, a5, a8, c1, e1, j1, j7, j8, j9, n1, n7, r3, u3, u4, u6, x1, z1, z2 \}$$

$$T^m_{2,t,s} = \{ o1 \}$$

$$T^m_{3,t,s} = \{ T6, T7, X5, X6, Y8, b3, dd, h1, h7, m2, o9, yb \}$$

Por consiguiente el subconjunto en el que la categoría de labor es la menor (y las otras dos categorías son similares) contiene mayor cantidad de elementos, y le sigue el grupo en el que las categorías están balanceadas.

Se determina entonces que los cantones del año 1974 que no han cambiado considerablemente, hasta el año 2000, son los que están en las intersecciones de los subconjuntos correspondientes, que se expresan a continuación:

$$T_{0,s} \cap T_{0,t,s} = \{ B2, F4, M0, M7, X3, c3, f1, j0, j4, mc, p6, r5, x4, y4, ya \}$$

$$T_{1,s}^M \cap T_{1,t,s}^M = \{ F2, L6, L7, I5, Y0 \}$$

$$T_{2,s}^M \cap T_{2,t,s}^M = \{ H6, Ja, P3, P5, T8, c2, oc, r1 \}$$

$$T_{3,s}^M \cap T_{3,t,s}^M = \{ V2, s3, s5, u1, v1, w1, ye \}$$

$$T_{1,s}^m \cap T_{1,t,s}^m = \{ A1, P1, U5, Z4, a3, j7, u3, u6 \}$$

$$T_{2,s}^m \cap T_{2,t,s}^m = \emptyset$$

$$T_{3,s}^m \cap T_{3,t,s}^m = \{ T7, Y8, b3, o9 \}$$

Por tanto en el tercer censo, se comprueba que 59 de los 113 cantones de 1974, es decir el 52,21% de los cantones, han permanecido en el mismo grupo de uso del suelo en la clasificación PT, entre ellos hay 24 cantones que no han sido objeto de segmentación de su territorio para la creación o formación de otros cantones. Los 59 cantones que continúan en el mismo grupo en los dos censos (correspondientes al año 1974 y al año 2000) son los siguientes:

- En el grupo T_0 (donde las categorías están balanceadas): Otavalo (F4), Chillanes (B2), Paján (M0), Junín (M7) y Pangua (X3); Cañar (c3) que en el año 1974 abarcaba a La Troncal, a El Tambo y a Suscal; Ibarra (f1) que incluía a Pimampiro y a Urcuquí; Puyango (j0) que contenía a Pindal; Celica (j4) que incluía a Zapotillo; Santa Ana (mc) que comprendía a Olmedo; Santo Domingo de los Colorados (p6) que abarcaba a San Miguel de los Bancos, a Pedro Vicente Maldonado, y a Puerto Quito; Montúfar (r5) que incluía a Bolívar; Pujilí (x4) que contenía a La Maná; Balzar (y4) que abarcaba a Colimes y a Palestina; Naranjal (ya) que contenía a Balao y a Durán.
- En el grupo T_1^M (donde la categoría mayor es la de labor): Antonio Ante (F2), Urdaneta (L6), Ventanas (L7), Milagro (Y0), y Quevedo (I5) que abarcaba a Buena Fe, a Valencia y a Mocache.

- En el grupo T^M_2 (donde la categoría mayor es la de pastos): Guamote (H6), Mejía (P3), Rumiñahui (P5), Saraguro (Ja), Santiago de Píllaro (T8), Biblián (c2) que en el año 1974 contenía parte de Deleg; Zaruma (oc) que abarcaba a Atahualpa y a Portovelo; Tulcán (r1) que incluía San Pedro de Huaca.
- En el grupo T^M_3 (donde la categoría mayor es la de otros usos): Mera (V2), Putumayo (s3) que contenía a Lago Agrio y a Shushufindi; Sucumbíos (s5) que abarcaba a Gonzalo Pizarro y a Cascales; Morona (u1) que contenía a Taisha; Pastaza (v1) que incluía a Santa Clara y Arajuno; Orellana (w1) del que formaba parte La Joya de los Sachas y Loreto; y Salinas (ye) que contenía La Libertad.
- En el grupo T^m_1 (donde la categoría menor es la de labor): Cuenca (A1), Quito (P1), Santiago (U5), Yacuambi (Z4), Gualaceo (a3) que contenía Chordeleg; Gonzanamá (j7) que comprendía a Quilanga; Limón Indanza (u3) que incluía a San Juan Bosco; y Sucúa (u6) que en el año 1974 incluía a Logroño.
- En el grupo T^m_3 (donde la categoría menor es la de otros usos): San Pedro de Pelileo (T7), El Empalme (Y8), Chimbo (b3) que incluía Caluma; y Pasaje (o9) que en 1974 contenía Chilla.

Al calcular los índices, o porcentajes, de similitud entre las dos particiones cantonales PT_h correspondientes a los dos censos agropecuarios, de los años 1.974 y 2.000 (en los cantones de 1.974) se obtienen los siguientes resultados:

$$e = (15+5+8+7+8+0+4)/(44+16+25+23+35+8+31) = 47/182 = 0,2582 = 25,82\%$$

$$\varepsilon = (15/44+5/16+8/25+7/23+8/35+0/8+4/31)/7 = 23,36\%$$

$$E = 47/113 = 0,4159 = 41,59\%$$

Por tanto las particiones PT , correspondientes a los dos últimos censos agropecuarios (años 1974 y 2000), se asemejan poco por elementos y por grupos,

y en el mejor de los casos se consigue afirmar que simplemente las particiones PT se asemejan medianamente.

Entonces se puede afirmar que, desde el año 1974 hasta el año 2000, han ocurrido cambios notables, en el ámbito cantonal, en la estructura del uso del suelo.

Finalmente para comparar los datos de los dos últimos censos, por medio de la similitud entre particiones, pero de manera inversa, es decir llevando los datos del año 1974 a los cantones correspondientes del año 2000, es decir suponiendo que los cantones que se han creado tienen la misma distribución de uso del suelo (o iguales porcentajes) que el cantón del cual se formaron, se obtiene entonces la siguiente partición:

Subconjunto donde las categorías están balanceadas:

$$T_{0,s,t} = \{ A0, A2, A4, A6, A7, A8, B1, B2, B4, B7, C1, C3, C4, C5, C6, C7, D1, D2, D3, D4, E1, E3, E6, E7, F1, F3, F4, F5, F6, J0, J2, J4, J8, Jb, Jc, Jd, L8, L9, M0, M2, M4, M7, Ma, Mc, Mj, O2, O7, Ob, Od, P6, P7, P8, P9, R2, R3, R4, R5, T2, T5, X2, X3, X4, Y3, Y4, Y5, Y7, Ya, Yc \} \cup \{ li, Qq, Kk \}$$

Subconjunto donde la categoría mayor es la de labor:

$$T_{1,s,t}^M = \{ F2, H7, H9, L0, L5, L6, L7, La, Lb, X6, Y0, Yb, Yy \}$$

Subconjunto donde la categoría mayor es la que corresponde a pastos:

$$T_{2,s,t}^M = \{ C2, H0, H1, H2, H4, H6, J1, J3, Ja, O3, Oa, Oc, P3, P5, R1, R6, T6, T8, X1, X5, X7 \}$$

Subconjunto donde la categoría mayor es la de otros usos:

$$T_{3,s,t}^M = \{ E4, J6, N1, N3, N4, N7, N9, S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, U1, U2, U4, U7, U9, V1, V2, V3, V4, W1, W3, W4, Ye, Yx, Z1, Z2, Z3, Z5, Z6, Z7, Z8 \}$$

Subconjunto donde la categoría menor es la que corresponde a labor:

$$T_{1,s,t}^m = \{ A1, A3, Aa, G1, G2, G3, J7, Je, M3, M5, Md, Mh, Mp, O0, O4, O8, P1, \}$$

U0, U3, U5, U6, U8, Y1, Yr, Z4 }

Subconjunto donde la categoría menor es la de pastos:

$$T_{2,s,t}^m = \{ E2, E5, M1, M6, M8, M9, Mn, Mr, W2, Yh \}$$

Subconjunto donde la categoría menor es la que corresponde a otros usos:

$$T_{3,s,t}^m = \{ A5, A9, Ab, Ac, Ad, B3, B5, B6, H3, H5, H8, J5, J9, Jf, L1, L2, L3, L4, \\ Mb, Me, Mf, O1, O5, O6, O9, P2, P4, T1, T3, T4, T7, T9, Y2, Y6, Y8, Y9, \\ Yd, Yf, Yj, Yn, Yp, Yt, Yu, Yv, Yw, Yz \}$$

En consecuencia la mayoría de cantones pertenecen al grupo en donde las categorías están balanceadas, y le sigue el subconjunto donde la categoría menor es la que corresponde a otros usos, y a continuación el grupo donde la categoría mayor es la de otros usos.

Se encuentra entonces que los cantones del año 1974 que no han cambiado considerablemente, hasta el año 2000, son los que están en las intersecciones de los subconjuntos correspondientes, que se expresan a continuación:

$$T_{0,t} \cap T_{0,s,t} = \{ B2, C6, D4, F1, F4, F5, J4, M0, M7, Mc, P9, R2, R5, X2, X3, X4, \\ Y3, Y5, Y7, Yc \} \cup \{ li, Qq, Kk \}$$

$$T_{1,t}^M \cap T_{1,s,t}^M = \{ F2, L0, L5, L6, L7, La, Lb, Y0, Yb \}$$

$$T_{2,t}^M \cap T_{2,s,t}^M = \{ C2, H4, H6, J1, Ja, O3, Oa, Oc, P3, P5, R1, R6, T8 \}$$

$$T_{3,t}^M \cap T_{3,s,t}^M = \{ N9, S2, S3, S5, S6, S7, U1, U9, V1, V2, V3, V4, W1, W4, Ye, Z1, \\ Z3 \}$$

$$T_{1,t}^m \cap T_{1,s,t}^m = \{ A1, A3, Aa, G1, J7, Mp, P1, U3, U5, U6, Z4 \}$$

$$T_{2,t}^m \cap T_{2,s,t}^m = \emptyset$$

$$T_{3,t}^m \cap T_{3,s,t}^m = \{ B6, H3, O9, T4, T7, T9, Y8 \}$$

Por tanto 77 de los 218 cantones del año 2000, es decir el 35,3% de los cantones, han permanecido en el mismo grupo de uso del suelo en la partición PT, estos son:

- En el grupo T_0 (donde las categorías están balanceadas): Chillanes (B2), Deleg (C6), El Piedrero (D4), Ibarra (F1), Otavalo (F4), Pimampiro (F5), Celica (J4), Paján (M0), Junín (M7), Santa Ana (Mc), Puerto Quito (P9), Bolívar (R2), Montúfar (R5), La Maná (X2), Pangua (X3), Pujilí (X4), Balao (Y3), Colimes (Y5), Durán (Y7), y Palestina (Yc).
- En el grupo T_1^M (donde la categoría mayor es la de labor): Antonio Ante (F2), Buena Fe (L0), Quevedo (L5), Urdaneta (L6), Ventanas (L7), Valencia (La), Mocache (Lb), Milagro (Y0), y Naranjito (Yb).
- En el grupo T_2^M (donde la categoría mayor es la de pastos): Biblián (C2), Chambo (H4), Guamote (H6), Loja (J1), Saraguro (Ja), Atahualpa (O3), Portovelo (Oa), Zaruma (Oc), Mejía (P3), Rumiñahui (P5), Tulcán (R1), San Pedro de Huaca (R6), y Santiago de Píllaro (T8).
- En el grupo T_3^M (donde la categoría mayor es la de otros usos): Carlos Julio Arosemena Tola (N9), Gonzalo Pizarro (S2), Putumayo (S3), Sucumbíos (S5), Cascales (S6), Cuyabeno (S7), Morona (U1), Taisha (U9), Pastaza (V1), Mera (V2), Santa Clara (V3), Arajuno (V4), Orellana (W1), Loreto (W4), Salinas (Ye), Zamora (Z1), y Nangaritza (Z3).
- En el grupo T_1^m (donde la categoría menor es la de labor): Cuenca (A1), Gualaceo (A3), Chordeleg (Aa), San Cristóbal (G1), Gonzanamá (J7), Jama (Mp), Quito (P1), Limón Indanza (U3), Santiago (U5), Sucúa (U6), y Yacuambi (Z4).
- En el grupo T_3^m (donde la categoría menor es la de otros usos): Caluma (B6), Colta (H3), Pasaje (O9), Mocha (T4), San Pedro de Pelileo (T7), Tisaleo (T9), y El Empalme (Y8).

Al calcular los índices, o porcentajes, de similitud entre las dos particiones cantonales PT correspondientes a los dos censos agropecuarios, de los años

1.974 y 2.000 (en los cantones del año 2.000) se obtienen los siguientes resultados:

$$e = (20+9+13+17+11+0+7)/(85+31+47+50+63+19+63) = 77/358 = 0,2151=21,51\%$$

$$\varepsilon = (20/85+9/31+13/47+17/50+11/63+0/19+7/63)/7 = 0,2040 = 20,40\%$$

$$E = 77/218 = 0,3532=35,32\%$$

Por tanto, cuando se considera el conjunto universo de análisis correspondiente a los cantones del año 2000, se concluye también que las particiones PT de los dos últimos censos agropecuarios (años 1974 y 2000), se asemejan poco por elementos y por grupos; y considerando el valor de E, se puede afirmar que las particiones simplemente se asemejan poco.

Entonces se confirma que, desde el año 1974 hasta el año 2000, han ocurrido cambios notables, en el ámbito cantonal, en la estructura del uso del suelo.

7.6 CLASIFICACIÓN JERÁRQUICA, ANÁLISIS DE CONGLOMERADOS DE LOS DATOS PORCENTUALES EN EL ÁMBITO CANTONAL

Con los datos resumidos de uso del suelo en el ámbito cantonal, se realizaron también análisis de conglomerados mediante las técnicas de clasificación jerárquica comúnmente utilizadas, es decir con los métodos de: Ward, del vecino más cercano, del vecino más lejano, centroides, medias, grupos promedios y K-medias. Sería demasiado extenso, y poco útil, describir y examinar todas las clasificaciones cantonales que se obtuvieron, por este motivo únicamente se determinará y analizará el método que da los mejores resultados; sin embargo se presenta, en el cuadro 3 del anexo 3, la constitución de los diversos conglomerados.

El análisis se realizó de la siguiente manera: luego de determinar las correspondientes particiones, todas ellas conformadas con siete grupos, se calcularon las respectivas contribuciones a la inercia: Entre Conglomerados y Dentro de los Conglomerados, es decir se realizó el Análisis de Varianza para cada uno de los métodos, incluyendo el método propuesto en este trabajo, es decir la clasificación mediante características matemáticas de orden. A continuación se presenta el cuadro de los resultados, donde se designa la variable utilizada en el cuadro 3 del anexo 3 que determina la respectiva partición.

CUADRO 7.4

Comparación entre las técnicas de clasificación jerárquica y las de clasificación mediante características matemáticas, de los datos cantorales

Análisis de Varianza:					
Suma de Cuadrados dentro y entre grupos (o conglomerados)					
METODO	CONTRIBUCION DE LAS VARIABLES				
Nearest Neighbor (Vecino Cercano)					
CLUSNNVC		Labor	Pasto	Otros Usos	Total
	Entre Grupos	72.235,6	26.874,3	22.749,4	121.859,3
	Dentro Grupos	34.156,4	57.261,0	64.026,6	155.444,0
	Subtotal	106.392,0	84.135,3	86.776,0	277.303,3
Median					
CLMEDIAN		Labor	Pasto	Otros Usos	Total
	Entre Grupos	81.816,5	67.692,9	73.745,7	223.255,1
	Dentro Grupos	24.575,5	16.442,4	13.030,3	54.048,2
	Subtotal	106.392,0	84.135,3	86.776,0	277.303,3
Partición PB					
		Labor	Pasto	Otros Usos	Total
	Entre Grupos	92.013,3	65.448,8	71.440,4	228.902,5
	Dentro Grupos	14.378,7	18.686,5	15.335,6	48.400,8
	Subtotal	106.392,0	84.135,3	86.776,0	277.303,3
Partición PT					
		Labor	Pasto	Otros Usos	Total
	Entre Grupos	90.229,0	69.173,3	74.140,8	233.543,1
	Dentro Grupos	16.163,0	14.962,0	12.635,2	43.760,2
	Subtotal	106.392,0	84.135,3	86.776,0	277.303,3
Group Average					
CLUSGRAV		Labor	Pasto	Otros Usos	Total
	Entre Grupos	91.886,4	69.879,7	74.452,8	236.218,9
	Dentro Grupos	14.505,6	14.255,6	12.323,2	41.084,4

	Subtotal	106.392,0	84.135,3	86.776,0	277.303,3
Centroid					
CLUSCENT		Labor	Pasto	Otros Usos	Total
	Entre Grupos	93.090,3	69.433,3	76.281,1	238.804,7
	Dentro Grupos	13.301,7	14.702,0	10.494,9	38.498,6
	Subtotal	106.392,0	84.135,3	86.776,0	277.303,3
Furthest Neighbor (Vecino Lejano)					
CLUSFNVL		Labor	Pasto	Otros Usos	Total
	Entre Grupos	92.835,3	69.739,4	76.467,3	239.042,0
	Dentro Grupos	13.556,7	14.395,9	10.308,7	38.261,3
	Subtotal	106.392,0	84.135,3	86.776,0	277.303,3
Ward					
CLUSWARD		Labor	Pasto	Otros Usos	Total
	Entre Grupos	94.754,1	68.584,9	76.023,3	239.362,3
	Dentro Grupos	11.637,9	15.550,4	10.752,7	37.941,0
	Subtotal	106.392,0	84.135,3	86.776,0	277.303,3
K-Means					
CLKMSPSS		Labor	Pasto	Otros Usos	Total
	Entre Grupos	92.823,3	72.827,4	75.650,4	241.301,1
	Dentro Grupos	13.568,7	11.307,9	11.125,6	36.002,2
	Subtotal	106.392,0	84.135,3	86.776,0	277.303,3
K-Means (NCSS)					
CLKMNCSS		Labor	Pasto	Otros Usos	Total
	Entre Grupos	95.860,0	73.417,2	76.462,5	245.739,7
	Dentro Grupos	10.532,0	10.718,1	10.313,5	31.563,6
	Subtotal	106.392,0	84.135,3	86.776,0	277.303,3

Puesto que interesa la menor contribución dentro de los grupos y la mayor entre grupos, se elige para los análisis al método denominado K-Medias del NCSS, y entre las dos clasificaciones mediante características matemáticas se escoge la partición PT.

A continuación se presentan los resultados de este método de clasificación, con los datos cantonales de uso del suelo, correspondientes al tercer censo agropecuario del año 2000, y para comparar con la clasificación dada por la partición PT, se elige la opción de siete conglomerados, la denominación del conglomerado dada por el software utilizado (NCSS) es irrelevante y ha sido cambiada para facilitar la comparación.

$$C_{0,t} = \{ B2, B5, D1, E4, F1, F4, F5, H0, J4, Jf, M0, M1, M6, M7, Mb, Me, Mf, O1, O6, P4, P9, R2, T7, X2, X3, X4, Y5, Y7, Ya, Yc, Yd, Yw \} \cup \{ li, Qq, Kk \}$$

$$C_{1,t} = \{ C4, L0, L1, L3, L4, L5, L6, L7, Lb, T3, Y0, Y2, Y6, Yb, Yf, Yp, Yt, Yu, Yv \}$$

$$C_{2,t} = \{ A2, A7, Ab, B1, C2, C7, G2, G3, H4, H5, H9, Je, M3, M5, Mh, O0, O3, O5, O8, Oa, Oc, Od, P2, P3, P5, P8, R1, R6, T5, T8 \}$$

$$C_{3,t} = \{ E2, E5, Jc, M8, M9, Mn, Mr, N1, N9, O7, R4, S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, T2, U0, U1, U8, U9, V1, V2, V3, V4, W1, W2, W3, W4, Y1, Ye, Yh, Yr, Yx, Z3 \}$$

$$C_{4,t} = \{ A0, A1, A3, A4, A6, A8, A9, Ac, C1, C3, E1, E3, E6, E7, F3, G1, H8, J1, J2, J3, J6, J7, J8, J9, Ja, Mp, N3, N4, N7, Ob, P1, P7, R3, U2, U3, U4, U5, U6, U7, X7, Yz, Z1, Z2, Z4, Z5, Z6, Z7, Z8 \}$$

$$C_{5,t} = \{ B7, D2, D3, F2, H7, Jd, L2, L8, L9, La, O9, T9, Y8, Y9, Yj, Yn \}$$

$$C_{6,t} = \{ A5, Aa, Ad, B3, B4, B6, C5, C6, D4, F6, H1, H2, H3, H6, J0, J5, Jb, M2, M4, Ma, Mc, Md, Mj, O2, O4, P6, R5, T1, T4, T6, X1, X5, X6, Y3, Y4, Yy \}$$

Para calcular la similitud entre la partición PT y la clasificación K-medias, se determinan las cardinalidades de las intersecciones y uniones correspondientes.

$$\# (T_{0,t} \cap C_{0,t}) = 26 ; \# (T_{0,t} \cup C_{0,t}) = 43$$

$$\# (T_{1,t}^M \cap C_{1,t}) = 19 ; \# (T_{1,t}^M \cup C_{1,t}) = 27$$

$$\# (T_{2,t}^M \cap C_{2,t}) = 30 ; \# (T_{2,t}^M \cup C_{2,t}) = 40$$

$$\# (T_{3,t}^M \cap C_{3,t}) = 31 ; \# (T_{3,t}^M \cup C_{3,t}) = 38$$

$$\# (T_{4,t}^m \cap C_{4,t}) = 44 ; \# (T_{4,t}^m \cup C_{4,t}) = 53$$

$$\# (T_{2,t}^m \cap C_{5,t}) = 1 ; \# (T_{2,t}^m \cup C_{5,t}) = 24$$

$$\# (T_{3,t}^m \cap C_{6,t}) = 16 ; \# (T_{3,t}^m \cup C_{6,t}) = 44$$

A continuación se determinan los índices, o porcentajes, de similitud entre la partición cantonal PT y la clasificación K-medias, correspondientes al tercer censo agropecuario del año 2.000:

$$e = (26+19+30+31+44+1+16)/(43+27+40+38+53+24+44) = 167/269 = 0,6208 = 62,08\%$$

$$\varepsilon = (26/43+19/27+30/40+31/38+44/53+1/24+16/44)/7 = 0,5871 = 58,71\%$$

$$E = 167/218 = 0,7661 = 76,61\%$$

De acuerdo con estos valores de e y ε , se puede decir que las particiones PT y K-medias, del año 2000, se asemejan bastante por elementos y medianamente por grupos; y puesto que E está entre 0,6 y 0,8 se puede afirmar que las particiones se asemejan simplemente bastante.

Puesto que el método de K-medias resultó el mejor de todos, es interesante representar esta clasificación, de los cantones del tercer censo agropecuario, en el mapa cantonal del año 2000, lo que se presenta en el gráfico 7.25, en la página siguiente, para que se compare con el gráfico 7.22 de la partición PT, y con el gráfico 7.19 de los colores canónicos.

Al analizar el gráfico 7.25 se observan similares características generales que las mencionadas para los gráficos 7.22 y 7.19.

A continuación se presentan los resultados del método K-medias, con los datos cantonales de uso del suelo correspondientes al segundo censo agropecuario.

Ref. Gráfico 7.25

$$C_{0,s} = \{ a8, b1, r3, X3, x4, o2, Ob, e1, E3, ya, f1, F3, j4, j8, j0, l8, m2, M4, M7, mc, p6, T2, T5, dd \} \cup \{ li, Qq, Kk \}$$

$$C_{1,s} = \{ X6, h7, Y0, yb, F2, l5, L6, L7 \}$$

$$C_{2,s} = \{ A9, c2, x1, X5, h1, h2, H6, Yn, j9, Ja, L2, P2, P3, P5, t1, T6, T8 \}$$

$$C_{3,s} = \{ e2, E4, y1, J6, u1, U2, u3, u4, U5, n1, W2, s3, w1, s5, n7, v1, V2, P1, z1, z2 \}$$

$$C_{4,s} = \{ A1, a3, c1, r1, o0, oc, y4, j1, J2, j7, m3, M0, md, u6, Z4, gg \}$$

$$C_{5,s} = \{ ye, yh, M1, M6, M8, M9 \}$$

$$C_{6,s} = \{ a2, a5, B2, b3, B5, c3, r5, h3, H5, o1, o9, y6, Y8, yf, yp, F4, l1, L4, mb, Mf, P4, T7 \}$$

A continuación se representa esta clasificación (K-medias) en el mapa cantonal del año 1974, en el gráfico 7.26, en la siguiente página, para que se compare con los gráficos 7.23 (de la partición PT) y 7.20 (de los colores canónicos).

Se aprecia, en el gráfico 7.26, que en la región amazónica todos los cantones (salvo Sucúa (u6)) tienen el color violeta, junto con Quito (p1), Guayaquil (G1), Eloy Alfaro (e2), y Quinindé (e4) ; el resto del país se reparten entre los demás conglomerados asociados a los colores: gris, marrón, rojo ladrillo, verde oliva, verde bosque y verde turquesa, para recordar su significado, o relación con los datos, hay que referirse a los gráficos 3.3 hasta el 3.6.

Al calcular la similitud entre las dos clasificaciones presentadas, es decir la partición mediante características matemáticas de orden PT, y la clasificación jerárquica de K-medias, considerando los datos cantonales del segundo censo nacional agropecuario del año 1974, se obtienen los resultados que se presentan a continuación del gráfico.

Ref. Gráfico 7.26

$$e = (24+8+11+13+9+5+16)/(33+8+20+22+20+8+29) = 86/140 = 0,6143 = 61,43\%$$

$$\varepsilon = (24/33+8/8+11/20+13/22+9/20+5/8+16/29)/7 = 0,6421 = 64,21\%$$

$$E = 86/113 = 0,7611 = 76,11\%$$

De acuerdo con estos valores de e y ε , se puede decir que las particiones PT y K-medias, del año 1974, se asemejan bastante por elementos y por grupos; y puesto que E está entre 0,6 y 0,8 se puede afirmar que las particiones simplemente se asemejan bastante.

Finalmente también se presentan los resultados del método K-medias, con los datos cantonales de uso del suelo correspondientes al primer censo agropecuario del año 1954.

$$C_{0,p} = \{ A9, c1, c2, h1, h2, h7, j7, L2, M0, mb, P2, P4, 1t, T8 \} \cup \{ kk \}$$

$$C_{1,p} = \{ F2 \}$$

$$C_{2,p} = \{ r1, x1, X5, X6, H6, F4, j8, P3, P5 \}$$

$$C_{3,p} = \{ a8, X3, 4y, ye, yh, F3, j2, j0, l5, p1, T2 \}$$

$$C_{4,p} = \{ A1, b1, r3, r5, x4, h3, oc, y1, 6y, j1, j4, j9, Ja, l8, M8, t7, ii, qk \}$$

$$C_{5,p} = \{ a2, b5, c3, ob, 1e, py, f1, l1, L4, L7, M1, m2, 3m, M6, M7, M9, mc, md \}$$

$$C_{6,p} = \{ a3, a5, b3, H5, o1, o9, oo, e2, y0, L6, Mf \}$$

A continuación se representa esta clasificación (K-medias) en el mapa cantonal del año 1954, en el gráfico 7.27, en la siguiente página, para que se compare con los gráficos 7.24 (de la partición PT) y 7.21 (de los colores canónicos).

Ref. Gráfico 7.27

Al observar los gráficos 7.24 y 7.27 se puede afirmar que los colores de las particiones PT y K-medias no se asemejan mucho, lo que se va a verificar calculando los índices de similitud entre las dos particiones.

Al calcular la similitud entre las dos clasificaciones presentadas, es decir la partición mediante características matemáticas de orden PT, y la clasificación jerárquica de K-medias, considerando los datos del primer censo agropecuario del año 1954, se obtiene que:

$$e = (7+1+7+11+8+12+1)/(28+1+9+13+16+27+19) = 47/113 = 0,4159 = 41,59\%$$

$$\varepsilon = (7/28+1/1+7/9+11/13+8/16+12/27+1/19)/7 = 0,5530 = 55,30\%$$

$$E = 47/80 = 0,5875 = 58,75\%$$

De acuerdo con estos valores de e y ε , se puede decir que las particiones PT y K-medias, del año 1954, se asemejan medianamente por elementos y por grupos; y puesto que E está también entre 0,4 y 0,6 se puede afirmar que simplemente las particiones se asemejan medianamente.

7.7 ANÁLISIS EN COMPONENTES PRINCIPALES (ACP) DE LOS DATOS PORCENTUALES EN EL ÁMBITO CANTONAL

Como ya se mencionó, en el párrafo 3.8 del capítulo anterior, el Análisis en Componentes Principales (ACP) es una técnica de la estadística que sirve para examinar las relaciones entre varias variables cuantitativas, reduciendo la complejidad de los datos mediante una aproximación que utiliza pocas dimensiones; de modo que los datos pueden ser examinados visiblemente por medio de representaciones gráficas, de las variables y de los individuos, en el plano o en el espacio.

Por las mismas consideraciones expresadas en el mencionado párrafo, el análisis de componentes principales de los datos cantonales sobre uso del suelo, se realiza también con la matriz de covarianzas (como en el caso provincial).

Al hacer el Análisis en Componentes Principales con los datos compendiados de uso del suelo, correspondientes al tercer censo agropecuario, en el ámbito cantonal, incluyendo los individuos: $k_1 = (0,92 ; 0,04 ; 0,04)$, $k_2 = (0,92 ; 0,04 ; 0,04)$, $k_3 = (0,92 ; 0,04 ; 0,04)$, se obtienen los resultados que se presentan en el siguiente cuadro.

CUADRO 7.5

Resultados del análisis en componentes principales, en el ámbito cantonal, de los datos correspondientes al tercer censo agropecuario del año 2000

Componente	Valor Propio	Porcentaje de Varianza Explicado	Porcentaje Acumulado
1 o Primera	0,1029	78,97 %	78,97 %
2 o Segunda	0,0274	21,03 %	100 %

En el ámbito cantonal se confirma también que las dos primeras componentes principales acumulan el 100% de la variabilidad de los datos de uso del suelo, y por consiguiente la representación de los datos mediante las dos componentes principales es exacta, en resumen el plano principal contiene a toda la nube de puntos, esto obviamente concuerda con el hecho de que los individuos están en el plano de ecuación: $x+y+z=1$.

A continuación, en el cuadro 7.6, se presentan los vectores propios de la matriz de covarianza, es decir los coeficientes de la combinación lineal de las variables originales, que permiten determinar las componentes principales.

CUADRO 7.6

Coefficientes de la combinación lineal, para determinar las dos primeras componentes principales, en el ámbito cantonal del año 2000

VARIABLES	Coefficientes de la Componente 1	Coefficientes de la Componente 2
PLABOR00	-0,54807	0,83643
PPASTO00	0,59145	0,38754
POTRSU00	0,59145	0,38754

En el cuadro 7.7, que se presenta a continuación, se muestran los resultados correspondientes a las componentes principales para cada individuo (cantón), es

decir se indican las coordenadas que permiten representar, en el gráfico 7.28 de la página subsiguiente, los cantones del tercer censo agropecuario en el plano principal.

CUADRO 7.7

Las dos primeras componentes principales para cada cantón, sobre el uso del suelo en el tercer censo agropecuario del año 2000

PRV00	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
CPRIN1	0.2813	0.4890	0.2067	0.1741	0.0988	0.2188	0.5960	0.1809	0.2757
CPRIN2	-0.0389	0.0670	0.0164	-0.0697	0.0342	-0.0351	0.1094	-0.0304	-0.0232
A0	Aa	Ab	Ac	Ad	B1	B2	B3	B4	B5
0.2466	0.1829	0.4188	0.2163	0.2701	0.3014	-0.0828	-0.0015	0.1373	-0.0307
-0.0966	0.0267	0.0418	-0.1053	0.1402	0.0576	0.0171	0.0786	0.1321	0.0365
B6	B7	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	R1
0.0523	-0.2126	0.0966	0.4825	0.2597	-0.6844	0.1872	0.0510	0.4048	0.3689
0.1406	0.1691	-0.1541	0.1032	0.0116	0.2283	0.1238	0.0173	0.1460	0.0393
R2	R3	R4	R5	R6	X1	X2	X3	X4	X5
-0.2246	0.2276	-0.0842	0.2381	0.3447	0.1866	-0.0506	-0.0602	-0.0299	0.0824
-0.0558	-0.0309	-0.1453	0.0794	0.1136	0.1381	0.0239	0.0454	0.0428	0.1441
X6	X7	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8
0.0368	0.2257	0.0953	0.2276	0.0775	0.5077	0.4173	0.2980	-0.1889	0.0557
0.2065	-0.0508	0.1778	0.0937	0.0944	0.1507	0.1024	0.1870	0.1810	-0.0277
H9	H0	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8
0.5181	0.0116	-0.5872	0.2590	0.5838	0.1294	0.6247	-0.3629	-0.2761	0.4515
0.1726	-0.0262	-0.0366	0.0693	0.1133	0.1116	0.1208	0.0083	-0.4379	0.1157
O9	O0	Oa	Ob	Oc	Od	E1	E2	E3	E4
-0.2110	0.4350	0.4582	0.0482	0.4377	0.6036	0.1119	-0.1387	0.1143	-0.1492
0.1295	0.1418	0.0673	-0.0787	0.1014	0.1685	-0.0771	-0.2051	-0.1295	0.0550
E5	E6	E7	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7
-0.3201	0.2962	0.2126	-0.2285	-0.5424	0.0267	0.0843	-0.1079	-0.4702	-0.0273
-0.3032	-0.0059	-0.0719	-0.3158	0.2361	0.0821	0.1442	-0.1220	0.1749	0.0117
Y8	Y9	Y0	Ya	Yb	Yc	Yd	Ye	Yf	Yh
-0.1962	-0.3791	-0.7125	-0.3148	-0.7151	-0.2367	-0.1858	-0.5355	-0.5278	-0.0872
0.1869	0.1992	0.2173	-0.0248	0.2029	0.0149	-0.1004	-0.1974	0.1886	-0.2294
Yj	Yn	Yp	Yr	Yt	Yu	Yv	Yw	Yx	Yy
-0.3884	-0.4300	-0.5336	0.0272	-0.7858	-0.6222	-0.5111	-0.2708	-0.5540	0.1090
0.0663	0.2144	0.1906	-0.3078	0.2414	0.2096	0.1656	-0.0339	-0.1854	0.0200
Yz	F1	F2	F3	F4	F5	F6	J1	J2	J3
0.2015	-0.0907	-0.4259	0.0721	-0.0410	-0.0352	0.2017	0.3234	0.2796	0.2016
-0.0317	-0.0447	0.1845	-0.0958	0.0006	-0.0784	0.0487	-0.0307	-0.0164	-0.0385
J4	J5	J6	J7	J8	J9	J0	Ja	Jb	Jc
0.0000	0.1091	0.2524	0.1922	0.0270	0.2208	0.2792	0.3245	0.2167	-0.0646
0.0123	0.0407	0.0021	-0.0433	-0.1158	-0.0010	0.0696	-0.0284	0.0416	-0.2854
Jd	Je	Jf	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
-0.1296	0.4697	-0.1332	-0.6228	-0.3466	-0.6076	-0.5268	-0.7707	-0.6720	-0.7043
0.1176	0.1030	-0.0401	0.1952	0.2343	0.2014	0.2362	0.2562	0.2292	0.2287
L8	L9	L0	La	Lb	M1	M2	M3	M4	M5
-0.3077	-0.3175	-0.6198	-0.4354	-0.5884	-0.2743	0.2436	0.3761	0.2476	0.3448
0.1848	0.2023	0.1890	0.1224	0.2194	-0.0628	0.1059	0.1367	0.2121	0.0954

M6	M7	M8	M9	M0	Ma	Mb	Mc	Md	Me
-0.1971	-0.0943	-0.1860	-0.2325	-0.0487	0.2075	-0.3811	0.1465	0.2616	-0.2104
-0.0713	0.0508	-0.3326	-0.2334	0.0763	0.1145	0.0119	0.0458	0.0642	0.0804
Mf	Mh	Mj	Mn	Mp	Mr	U1	U2	U3	U4
-0.1586	0.3659	0.1322	-0.1506	0.2904	-0.2804	0.0388	0.1971	0.2588	0.2441
0.0810	0.0165	0.0926	-0.2921	-0.0471	-0.2125	-0.2321	-0.1320	-0.1150	-0.1215
U5	U6	U7	U8	U9	U0	N1	N3	N4	N7
0.1997	0.2854	0.1581	0.0776	-0.1320	0.0472	-0.0618	0.2066	0.2142	0.3530
-0.1581	-0.0774	-0.1438	-0.2330	-0.3676	-0.2349	-0.1492	-0.0867	-0.1426	-0.0931
N9	V1	V2	V3	V4	P1	P2	P3	P4	P5
-0.0841	-0.1546	-0.1414	-0.0033	-0.2520	0.1574	0.3203	0.4239	-0.2474	0.5335
-0.2323	-0.4015	-0.3472	-0.2835	-0.4411	-0.0311	0.1442	0.0485	0.0607	0.1137
P6	P7	P8	P9	T1	T2	T3	T4	T5	T6
0.1425	0.2589	0.3001	-0.1339	0.2645	-0.0401	-0.5247	0.1539	0.3311	0.0898
0.1023	-0.0145	0.0313	0.0891	0.1609	-0.2706	0.2070	0.2066	0.0633	0.2092
T7	T8	T9	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7
-0.0637	0.5245	-0.0950	0.1232	0.1240	-0.0679	0.2992	0.1291	0.0558	0.1319
0.1003	0.1785	0.2187	-0.2123	-0.0926	-0.2992	-0.0729	-0.1552	-0.1399	-0.1817
Z8	G1	G2	G3	S1	S2	S3	S4	S5	S6
0.1297	0.0824	0.4240	0.4846	-0.2175	-0.1366	-0.2865	-0.2785	-0.0543	-0.3131
-0.1035	-0.0501	0.0499	0.0673	-0.1961	-0.2782	-0.3697	-0.1832	-0.3054	-0.3345
S7	W1	W2	W3	W4	D1	D2	D3	D4	Qq
-0.2095	-0.3321	-0.3058	-0.1965	-0.3285	-0.3664	-0.3035	-0.1449	0.0661	0.0359
-0.3258	-0.2230	-0.3513	-0.1481	-0.2567	-0.0083	0.2051	0.2085	0.0723	-0.0232
PRV00	li	Kk	k1	k2	k3				
CPRIN1	0.0019	-0.1075	-0.7760	0.7472	-0.2937				
CPRIN2	0.0003	-0.0066	0.2567	0.2027	-0.4794				

Es importante señalar ciertos atributos de los cantones y algunas relaciones entre ellos, que se deducen de la representación en el plano principal (gráfico 7.28).

El porcentaje de labor agrícola es el mayor en los cantones: Quevedo (L5) y Simón Bolívar (Yt) seguidos por Urdaneta (L6), La Troncal (C4), Ventanas (L7), Milagro (Y0), Naranjito (Yb), Buena Fe (L0), Babahoyo (L1), Montalvo (L3), Mocache (Lb), y Coronel Marcelino Maridueña (Yu).

Se destacan por el predominio de pastos los cantones: Las Lajas (Od), Atahualpa (O3), Chilla (O5), San Fernando (A7), Rumiñahui (P5), Chambo (H4), Penipe (H9) y Santiago de Pillaro (T8) seguidos de: El Pan (Ab), Biblián (C2), Suscal (C7), Isabela (G2), Santa Cruz (G3), Chunchi (H5), Quilanga (Je), Flavio Alfaro (M5), Piñas (O0), Arenillas (O2), Marcabeli (O8), Portovelo (Oa), Zaruma (Oc), Cayambe (P2), Mejía (P3), Tulcán (R1), San Pedro de Huaca (R6) y Patate (T5).

Ref. Gráfico 7.28

Se puede apreciar con el predominio de otros usos a los cantones: Huaquillas (O7) y Arajuno (V4) seguidos por: Putumayo (S3), Aguarico (W2), Cascales (S6), Pastaza (V1), Mera (V2), Taisha (U9), Manta (M8), Cuyabeno (S7), Guayaquil (Y1) y San Lorenzo (E5).

Los cantones más equilibrados (cercaos al individuo Kk) son: Chillanes (B2), Ibarra (F1), Otavalo (F4) y Olmedo (Jf).

En algunos casos se logra apreciar parejas de cantones que son muy similares, por ejemplo: {Puebloviejo (L4), Alfredo Baquerizo Moreno (Y2)}; {La Concordia (D2), Palenque (L9)}; {Guano (H7), El Empalme (Y8)}; {Samborondón (Yf), San Jacinto de Yaguachi (Yp)}; {Sucúa (U6), Yacuambi (Z4)}; etc..

En este caso particular conviene también representar a los individuos (cantones) que están en el plano $x+y+z=1$, en el nuevo sistema de coordenadas: ($O'=K$; $v_1=(1;0;-1)/\sqrt{2}$; $v_2=(-1;2;-1)/\sqrt{6}$).

Basta recordar que la transformación de coordenadas, del sistema canónico del espacio euclidiano R^3 , al nuevo sistema de referencia, está dada por la siguiente aplicación lineal:

$$F(p_1, p_2, p_3) = ((p_1 - p_3)/\sqrt{2} ; (-p_1 + 2p_2 - p_3)/\sqrt{6}).$$

Entonces las coordenadas de los cantones, correspondientes al tercer censo agropecuario del año 2000, en este nuevo sistema de coordenadas son las que se presentan, en el cuadro 7.8, a continuación.

CUADRO 7.8

Las coordenadas de las cantones (individuos) en el año 2000 en el nuevo sistema de coordenadas

PRV00	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
COOR1	-0.1857	-0.1055	-0.0786	-0.1922	-0.0142	-0.1579	-0.0819	-0.1376	-0.1609
COOR2	0.2664	0.4671	0.2386	0.1742	0.1689	0.2229	0.5646	0.1977	0.2698
A0	Aa	Ab	Ac	Ad	B1	B2	B3	B4	B5
-0.2573	-0.0550	-0.1172	-0.2592	0.0791	-0.0522	0.0258	0.0865	0.1147	0.0355
0.2138	0.2262	0.4043	0.1877	0.3432	0.3268	0.0292	0.1173	0.2431	0.0761

B6	B7	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	R1
0.1574	0.2936	-0.2876	-0.0505	-0.1043	0.5482	0.0849	-0.0217	0.0396	-0.1031
0.1856	0.0072	0.0778	0.4796	0.2747	-0.3064	0.2754	0.1262	0.4435	0.3669
R2	R3	R4	R5	R6	X1	X2	X3	X4	X5
-0.0299	-0.1550	-0.2104	0.0020	0.0138	0.1059	0.0242	0.0589	0.0444	0.1518
-0.1082	0.2312	-0.0490	0.2912	0.3846	0.2818	0.0557	0.0590	0.0796	0.2092
X6	X7	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8
0.2591	-0.1833	0.1963	0.0265	0.0813	0.0097	-0.0285	0.1374	0.3023	-0.0889
0.2057	0.2204	0.2344	0.2903	0.1820	0.5203	0.4319	0.3857	0.0300	0.1082
H9	H0	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8
0.0378	-0.0711	0.1275	-0.0202	-0.0719	0.0877	-0.0755	0.1128	-0.5681	-0.0213
0.5382	0.0770	-0.3617	0.3015	0.5576	0.2277	0.5909	-0.1779	-0.3268	0.4630
O9	O0	Oa	Ob	Oc	Od	E1	E2	E3	E4
0.2353	0.0226	-0.0942	-0.1604	-0.0372	0.0014	-0.1809	-0.2780	-0.2582	0.1048
-0.0104	0.4634	0.4449	0.0785	0.4462	0.5982	0.1254	-0.1168	0.1024	-0.0009
E5	E6	E7	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7
-0.3562	-0.1430	-0.2094	-0.4071	0.5086	0.0813	0.1513	-0.1679	0.3939	-0.0020
-0.2947	0.2928	0.2009	-0.2343	-0.1998	0.1393	0.2105	-0.0551	-0.1765	0.0668
Y8	Y9	Y0	Ya	Yb	Yc	Yd	Ye	Yf	Yh
0.3137	0.3968	0.5420	0.0475	0.5220	0.0774	-0.1086	-0.1251	0.4343	-0.3317
0.276	-0.0990	-0.3320	-0.1588	-0.3407	-0.0834	-0.1012	-0.4005	-0.2118	-0.0911
Yj	Yn	Yp	Yr	Yt	Yu	Yv	Yw	Yx	Yy
0.2065	0.4370	0.4394	-0.4869	0.6033	0.4986	0.3949	0.0187	-0.1010	-0.0383
-0.1688	-0.1287	-0.2150	-0.0454	-0.3736	-0.2703	-0.2106	-0.1312	-0.4082	0.1695
Yz	F1	F2	F3	F4	F5	F6	J1	J2	J3
-0.1468	-0.0615	0.3920	-0.1939	-0.0131	-0.1303	-0.0297	-0.1888	-0.1523	-0.1567
0.2120	-0.0059	-0.1399	0.0877	0.0516	0.0183	0.2503	0.3007	0.2758	0.2087
J4	J5	J6	J7	J8	J9	J0	Ja	Jb	Jc
-0.0107	-0.0085	-0.1157	-0.1605	-0.2070	-0.1089	-0.0269	-0.1858	-0.0453	-0.4213
0.0870	0.1794	0.2649	0.1997	0.0456	0.2405	0.3163	0.3026	0.2578	-0.1012
Jd	Je	Jf	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
0.1888	-0.0462	-0.0394	0.4779	0.4364	0.4815	0.5033	0.6196	0.5450	0.5559
0.0429	0.4702	-0.0344	-0.2775	-0.0588	-0.2635	-0.1884	-0.3557	-0.2969	-0.3205
L8	L9	L0	La	Lb	M1	M2	M3	M4	M5
0.3503	0.3793	0.4679	0.3049	0.5009	-0.0223	0.0387	0.0362	0.1919	-0.0127
-0.0542	-0.0529	-0.2782	-0.1763	-0.2411	-0.1475	0.3078	0.4183	0.3610	0.3761
M6	M7	M8	M9	M0	Ma	Mb	Mc	Md	Me
-0.0622	0.0789	-0.4469	-0.2857	0.0999	0.0641	0.1246	-0.0142	-0.0285	0.1635
-0.0956	0.0368	-0.2116	-0.1982	0.0820	0.2857	-0.1894	0.2089	0.3011	-0.0332
Mf	Mh	Mj	Mn	Mp	Mr	U1	U2	U3	U4
0.1460	-0.1351	0.0590	-0.4004	-0.2009	-0.2381	-0.3806	-0.2912	-0.2885	-0.2927
0.0046	0.3539	0.2208	-0.1667	0.2690	-0.2229	-0.0011	0.1612	0.2139	0.2002
U5	U6	U7	U8	U9	U0	N1	N3	N4	N7
-0.3302	-0.2434	-0.2945	-0.3957	-0.5170	-0.3878	-0.2239	-0.2288	-0.3129	-0.2903
0.1506	0.2510	0.1274	0.0267	-0.1890	0.0038	-0.0345	0.1895	0.1684	0.2925
N9	V1	V2	V3	V4	P1	P2	P3	P4	P5
-0.3370	-0.5584	-0.4839	-0.4405	-0.5813	-0.1302	0.0672	-0.1093	0.1480	-0.0534
-0.0902	-0.2215	-0.1862	-0.0559	-0.3109	0.1802	0.3814	0.4111	-0.0694	0.5215
P6	P7	P8	P9	T1	T2	T3	T4	T5	T6
0.0695	-0.1422	-0.0903	0.1489	0.1113	-0.4086	0.4601	0.2173	-0.0546	0.2441
0.2327	0.2616	0.3132	0.0262	0.3490	-0.0764	-0.2007	0.2905	0.3510	0.2453

T7	T8	T9	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7
0.1401	0.0442	0.3239	-0.3819	-0.2078	-0.4402	-0.2415	-0.3009	-0.2523	-0.3404
0.0826	0.5456	0.1161	0.0695	0.1269	-0.1101	0.2631	0.1008	0.0551	0.0904
Z8	G1	G2	G3	S1	S2	S3	S4	S5	S6
-0.2256	-0.1312	-0.1072	-0.1035	-0.2367	-0.3851	-0.4649	-0.1961	-0.4542	-0.4042
0.1258	0.1169	0.4118	0.4641	-0.1696	-0.1500	-0.3019	-0.2077	-0.1033	-0.3045
S7	W1	W2	W3	W4	D1	D2	D3	D4	li
-0.4286	-0.2350	-0.4313	-0.1743	-0.2855	0.0900	0.3784	0.3267	0.0531	-0.0753
-0.2254	-0.2653	-0.3072	-0.1316	-0.2787	-0.1883	-0.0414	0.0750	0.1632	0.0960
PRV00	Qq	Kk	k1	k2	k3				
COOR1	-0.0290	0.0000	0.6222	0.0000	-0.6222				
COOR2	0.0824	0.0000	-0.3593	0.7185	-0.3593				

En el gráfico 7.29, de la subsiguiente página, se muestra la representación de los cantones, correspondientes al tercer censo nacional agropecuario del año 2000, en el plano de ecuación $x+y+z=1$, con el nuevo sistema de coordenadas.

Como ya se expresó en el capítulo anterior, la representación mediante componentes principales y la de este nuevo sistema de coordenadas prácticamente coinciden, salvo por una composición de dos transformaciones lineales: una traslación al punto de equilibrio K, y una rotación de un ángulo conveniente.

Para el análisis de los datos cantonales correspondientes a los dos primeros censos agropecuarios, no se presentan los resultados del ACP sino los equivalentes utilizando la transformación lineal que corresponde a la representación de los individuos en el nuevo sistema de coordenadas.

Las coordenadas de los cantones, correspondientes al segundo censo agropecuario del año 1974, en este nuevo sistema de coordenadas son las que se presentan, en el cuadro 7.9, a continuación.

CUADRO 7.9
Las coordenadas de las cantones (individuos) en el año 1974 en el nuevo sistema de coordenadas

PRV74	A1	a2	a3	a5	a8	A9	b1	B2	b3
COOR1	-0.0913	0.1182	-0.0406	0.1653	-0.0921	0.0484	0.0189	0.1305	0.2394
COOR2	0.1406	0.0539	0.2481	0.0426	0.0337	0.2423	0.1317	-0.0524	0.0185
B5	c1	c2	c3	r1	r3	r5	x1	X3	x4
0.1809	-0.0304	0.0558	0.1318	-0.0621	-0.0566	0.0929	0.0308	-0.0348	0.0635

0.1415	0.1709	0.4597	0.0566	0.3342	0.0783	0.0188	0.3015	-0.0413	0.0952
X5	X6	h1	h2	h3	H5	H6	h7	o1	o2
0.2187	0.3628	0.2132	0.1423	0.2613	0.2799	0.0662	0.3626	0.2301	-0.0639
0.3271	0.0209	0.3204	0.3481	0.0854	0.0347	0.4896	0.0173	0.0801	0.0550
o9	o0	Ob	oc	e1	e2	E3	E4	y1	y4
0.2238	-0.0320	-0.0173	-0.0601	-0.1205	-0.2090	-0.0414	-0.3143	-0.2689	-0.0503
0.0393	0.2463	0.1277	0.3440	0.0863	-0.1618	-0.0085	-0.2094	-0.1058	0.1416
y6	Y8	Y0	ya	yb	ye	yf	yh	Yn	yp
0.1469	0.2189	0.4400	-0.1098	0.4479	-0.1861	0.3367	0.0369	0.2428	0.3115
0.0758	0.0280	-0.0593	-0.0510	-0.0761	-0.4082	0.0285	-0.2883	0.2450	0.0609
f1	F2	F3	F4	j1	J2	j4	J6	j7	j8
-0.0294	0.4878	-0.1012	0.1450	-0.0797	-0.0171	-0.0432	-0.2508	-0.1237	-0.0915
0.0355	-0.2397	0.0652	-0.0001	0.3133	0.2601	-0.0769	-0.1780	0.1764	0.0701
j9	j0	Ja	I1	L2	L4	I5	L6	L7	I8
0.1025	0.0255	0.0821	0.2627	0.1870	0.2875	0.3422	0.3792	0.2946	0.0279
0.2297	0.1065	0.3265	-0.0571	0.2058	0.0353	-0.1201	-0.0786	-0.1300	0.1488
M1	m2	m3	M4	M6	M7	M8	M9	M0	mb
0.0839	0.0219	-0.1356	-0.0755	-0.0748	-0.0291	0.1096	-0.0628	-0.0073	0.1935
-0.1550	0.0905	0.1247	0.0051	-0.1783	-0.0316	-0.2836	-0.1929	0.1612	-0.0259
mc	Md	Mf	u1	U2	u3	u4	U5	u6	n1
0.0066	-0.1456	0.2566	-0.4510	-0.4147	-0.3560	-0.4407	-0.3636	-0.3230	-0.4182
0.0291	0.1246	0.0308	-0.1040	-0.0635	0.0314	-0.0689	0.0620	0.1418	-0.1308
W2	s3	w1	s5	n7	v1	V2	P1	P2	P3
-0.2423	-0.5595	-0.5559	-0.5584	-0.4068	-0.3537	-0.3409	-0.2344	0.1910	-0.0701
-0.1592	-0.3315	-0.3142	-0.2775	-0.1131	0.0091	-0.0850	-0.0212	0.2645	0.4748
P4	P5	p6	t1	T2	T5	T6	T7	T8	z1
0.3088	0.0515	0.0129	0.1395	-0.1879	-0.1621	0.2079	0.2756	0.2346	-0.4059
0.0027	0.4911	0.0300	0.2384	-0.0440	-0.0608	0.4299	0.0801	0.3007	-0.0411
z2	Z4	gg	li	Qk	Kk	dd	k1	k2	k3
-0.3874	-0.2314	-0.1998	-0.0457	-0.0030	0.0000	-0.0667	0.6222	0.0000	-0.6222
-0.0279	0.2452	0.2021	0.0450	0.0548	0.0000	-0.0712	-0.3593	0.7185	-0.3593

En el gráfico 7.30, de la página subsiguiente, se muestra la representación de los cantones, correspondientes al segundo censo agropecuario del año 1974, en el plano de ecuación $x+y+z=1$, con el nuevo sistema de coordenadas. Se puede notar que el porcentaje de labor agrícola predomina en los cantones: Antonio Ante (F2), Urdaneta (L6), Ventanas (L7), Quevedo (I5), Milagro (y0), y Naranjito (yb); se destacan por el predominio de pastos los cantones: Mejía (P3), Rumiñahui (P5), Guamote (H6), Biblián (C2) y Quero (T6); se observa también con el predominio de otros usos a los cantones: Putumayo (s3), Orellana (w1), Sucumbíos (s5), Morona (u1), Tena (n1), Palora (u4), Quijos (n7), Gualaquiza (U2), Zamora (z1), Chinchipe (z2), Mera (V2), Quinindé (E4), Salinas (ye); además en ciertos casos se logra apreciar algunas parejas de cantones muy similares, por ejemplo: {Pangua (X3), Junín (M7)}, {Girón (a2), Cañar (c3)}, etc..

Ref. Gráfico 7.29

Ref. Gráfico 7.30

Las coordenadas de los cantones, correspondientes al primer censo agropecuario del año 1954, en este nuevo sistema de coordenadas son las que se presentan, en el cuadro 7.10, a continuación.

CUADRO 7.10

Las coordenadas de los cantones (individuos) en el año 1954 en el nuevo sistema de coordenadas

PRV00	A1	a2	a3	a5	a8	A9	b1	b3	b5
COOR1	-0.0532	-0.0940	0.0872	0.0265	-0.4405	0.0523	-0.2313	0.0625	-0.0511
COOR2	0.1350	-0.1566	-0.2237	-0.2375	-0.2767	-0.0071	-0.0611	-0.2006	-0.2063
C1	c2	c3	r1	r3	r5	x1	X3	x4	X5
0.0126	0.0922	-0.2046	0.0295	-0.2680	-0.1124	-0.0390	-0.3037	-0.1336	0.2143
-0.0584	0.1386	-0.1782	0.2463	0.0468	-0.0540	0.4136	-0.2356	0.1620	0.3367
X6	h1	h2	h3	H5	H6	h7	o1	o9	oo
0.1126	0.2262	0.0060	-0.0339	0.2385	0.0403	0.0077	0.0681	0.1555	0.0060
0.4263	0.0505	-0.0349	0.0487	-0.0712	0.3871	0.0811	-0.0836	-0.2368	-0.1884
ob	Oc	1e	e2	y1	4y	6y	y0	ye	yh
-0.1247	-0.2733	-0.1039	0.1036	-0.2736	-0.3542	-0.0914	0.0451	-0.2828	-0.5064
-0.1892	-0.0274	-0.1065	-0.2076	-0.0387	-0.1965	0.1662	-0.2409	-0.4082	-0.3277
py	f1	F2	F3	F4	j1	j2	j4	j7	j8
-0.0612	-0.2033	0.4319	-0.3385	0.0027	-0.1390	-0.3709	-0.1900	0.0000	-0.0556
-0.2079	-0.1868	-0.2632	-0.2610	0.2273	0.1287	-0.1171	0.2180	0.0064	0.4130
j9	j0	Ja	l1	L2	L4	l5	L6	L7	l8
-0.1127	-0.3036	-0.0711	-0.1416	0.2051	-0.1725	-0.2561	0.0947	-0.2107	-0.0215
0.0177	-0.2141	0.0035	-0.2393	0.0538	-0.1980	-0.3556	-0.1859	-0.2583	0.0953
M1	m2	3m	M6	M7	M8	M9	M0	mb	mc
-0.0673	-0.2255	-0.0662	-0.1682	-0.0890	-0.1414	-0.2312	0.2208	0.0172	-0.1628
-0.1711	-0.1155	-0.0680	-0.2283	-0.1882	0.0082	-0.2157	0.0305	0.0910	-0.2105
Md	Mf	p1	P2	P3	P4	P5	1t	T2	t7
-0.2081	0.1509	-0.3047	0.1970	-0.0039	0.0578	0.1407	0.2890	-0.4402	-0.1545
-0.1134	-0.1894	-0.1532	0.2097	0.5764	0.0141	0.4312	0.1980	-0.2356	-0.0343
PRV00	T8	li	qk	kk	k1	k2	k3		
COOR1	0.2371	-0.1301	-0.0629	0.0000	0.6222	0.0000	-0.6222		
COOR2	0.0921	-0.0459	-0.0355	0.0000	-0.3593	0.7185	-0.3593		

En el gráfico 7.31, de la siguiente página, se muestra la representación de los cantones, correspondientes al primer censo agropecuario del año 1954, en el plano $x+y+z=1$, con el nuevo sistema de coordenadas.

Al analizar el gráfico 7.31, se puede observar que el único cantón cuya actividad principal es la labor agrícola es Antonio Ante (F2).

Se aprecia también con predominio de pastos al cantón Mejía (P3), seguido por: Rumiñahui (P5), Saquisilí (X6), Guamote (H6), Macará (j8), y Latacunga (x1).

Ref. Gráfico 7.31

Con el predominio de otros usos se tiene a los cantones: Santa Elena (Yh), Santa Isabel (a8) y Baños (T2), seguidos de: Calvas (j2), Quito (p1), Balzar (4y), Puyando (j0), Pangua (X3), Cotacachi (F3), Salinas (ye), y Quevedo (I5).

El cantón equilibrado (kk) prácticamente coincide con Gonzanamá (j7) y muy próximos también se encuentran los cantones: Alausí (h2), Colta (h3), Sigsig (A9), y Pedro Moncayo (P4).

Además en ciertos casos se logra apreciar algunas parejas de cantones muy similares, por ejemplo: {Guano (h7), Rocafuerte (mb)}, {Bolívar (m2), Sucre (md)}, {Zaruma (oc), Guayaquil (y1)}, etc..

En el nuevo sistema de coordenadas se podría resumir en una sola representación conjunta los datos cantonales de los tres censos agropecuarios, pero no resulta práctico por la gran cantidad de individuos que intervendrían.

Por este motivo, en el gráfico 7.32, de la página siguiente, se muestra la representación conjunta (en relación con los tres censos) de algunos cantones que no han cambiado sus límites, es decir que no se han fragmentado para formar otros cantones, en donde se puede observar si un cantón ha cambiado poco o mucho en cuanto al uso del suelo, los demás cantones que no han experimentado divisiones se presentan en el gráfico 7.37 al final de este capítulo.

Al analizar el gráfico 7.32, cabe mencionar por ejemplo al cantón Rumiñahui (P5), en la provincia de Pichincha, que en ambos períodos intercensales se desplaza hacia la izquierda y arriba, lo que indica que disminuye el porcentaje de labor y aumenta la de pastos, y el cantón Urdaneta (L6), de la provincia de Los Ríos, va hacia el vértice (1;0;0), es decir durante los dos períodos aumenta considerablemente la categoría que corresponde a la labor agrícola.

Ref. gráfico 7.32

7.8 CLASIFICACIÓN CANTONAL CRUZADA POR LAS TRES VARIABLES

A continuación se realiza la clasificación de los cantones que se obtiene al cruzar las tres variables correspondientes a Labor, Pastos y Otros Usos, y se la representa en un plano de ecuación $z = 0 = \text{potrosu}$, utilizando la proyección en la dirección del eje z .

Si se divide al intervalo $[0 ; 1]$, como en el capítulo anterior, en cuatro subintervalos de longitud $1/4$, la clasificación cruzada tiene como máximo 16 subconjuntos no vacíos, que corresponden a los productos cartesianos:

$G_{i,j,k} = G_i \times G_j \times G_k = \{ (\text{plabor}, \text{ppastos}, \text{potrosu}) : \text{plabor} \in G_i ; \text{ppastos} \in G_j ; \text{potrosu} \in G_k \} = [(i-1)/4 ; i/4 [\times [(j-1)/4 ; j/4 [\times [(k-1)/4 ; k/4 [$, donde se debe verificar: $4 < i + j + k < 7$ (es decir: $i + j + k = 5$ o 6).

Esta clasificación es similar a una tabla de contingencia en la que interesan también los individuos que integran cada grupo; por ejemplo en $G_{1,2,2}$ están los cantones que verifican: $\text{plabor} < 0,25$; $0,25 \leq \text{ppastos} < 0,5$; y , $0,25 \leq \text{potrosu} < 0,5$.

A continuación se va a realizar la clasificación cruzada, por las tres variables, en el ámbito cantonal, considerando los datos del tercer censo nacional agropecuario.

Se determina entonces, considerando los datos del censo agropecuario del año 2000, la siguiente clasificación (partición) de los cantones, cruzando las tres variables fundamentales del uso del suelo: labor, ppastos y potrosu.

$$G_{1,1,4}^t = \{ O7, U9, V1, V2, V4, S3, W2 \}$$

$$G_{1,1,3}^t = \{ E2, E5, Y1, M8, M9, Mn, Z3, S1, S2, S5, S6, S7, W4 \}$$

$$G_{1,2,3}^t = \{ C1, R4, Yh, Yr, Jc, U1, U5, U8, U0, N1, N9, V3, T2, Z1, Z5, Z7 \}$$

$$G_{1,2,2}^t = \{ A4, A8, Ac, H8, Ob, E1, E3, E7, Y5, Yy, F3, F5, J7, J8, U2, U4, U7, N3, N4, P1, Z2, Z6, Z8, G1, li \}$$

$$G_{1,3,2}^t = \{ A1, A3, A6, A9, A0, Aa, Ab, C3, R1, R3, X7, E6, Yz, F6, J1, J2, J3, J6, J9, Ja, Jb, Mc, Mh, Mp, U3, U6, N7, P7, P8, Z4 \}$$

$$G_{1,3,1}^t = \{ A2, Ad, B1, C2, C7, R5, R6, H2, H5, O2, O8, O0, Oa, Oc, J0, Je, M2, M3, M5, Md, P2, P3, T5, G2, G3 \}$$

$$G_{2,1,3}^t = \{ Ye, Yx, Mr, S4, W1, W3 \}$$

$$G_{2,2,2}^t = \{ A5, B2, B5, C6, X2, X3, X4, H0, E4, Y7, Yc, Yd, F1, F4, J4, J5, Jf, M6, M7, P4, Qq, Kk \}$$

$$G_{2,2,1}^t = \{ B3, B6, H3, Y3, Jd, M0, Me, Mf, P9, T7, D4 \}$$

$$G_{2,3,1}^t = \{ B4, C5, X1, X5, X6, H1, H6, O4, Y4, M4, Ma, Mj, P6, T1, T4, T6 \}$$

$$G_{3,1,2}^t = \{ O1, Yj \}$$

$$G_{3,1,1}^t = \{ Y6, Yf, Yn, Yp, Yv, F2, La, T3 \};$$

$$G_{3,2,1}^t = \{ B7, H7, O9, Y8, Y9, L2, L8, L9, T9, D2, D3 \}$$

$$G_{1,4,1}^t = \{ A7, H4, H9, O3, O5, Od, P5, T8 \}$$

$$G_{4,1,1}^t = \{ C4, Y2, Y0, Yb, Yt, Yu, L1, L3, L4, L5, L6, L7, L0, Lb \}$$

$$G_{2,1,2}^t = \{ R2, O6, Ya, Yw, M1, Mb, D1 \}$$

Pero para efectos de comparar los datos de uso del suelo de los tres censos agropecuarios, es más importante realizar la clasificación cruzada de los datos del tercer censo agropecuario en los cantones que existían en el año 1954; se determina entonces la siguiente partición:

$$G_{1,1,4}^{tp} = \emptyset$$

$$G_{1,1,3}^{tp} = \{ M8, e2, m9, y1 \}$$

$$G^{tp}_{1,2,3} = \{ T2, c1, yh \}$$

$$G^{tp}_{1,2,2} = \{ F3, j8, j9, ob, r3, 1e \}$$

$$G^{tp}_{1,3,2} = \{ A1, A9, Ja, a2, a3, a5, a8, j1, j2, j7, md, p1, r1, x1 \}$$

$$G^{tp}_{1,3,1} = \{ H5, P2, P3, b1, c2, h2, j0, mc, oc, oo, 3m \}$$

$$G^{tp}_{2,1,3} = \{ ye \}$$

$$G^{tp}_{2,1,2} = \{ M1, m6 \}$$

$$G^{tp}_{2,2,2} = \{ F4, M7, P4, X3, b5, cc, f1, j4, mb, r5, x4, 6y \}$$

$$G^{tp}_{2,2,1} = \{ M0, Mf, b3, c3, h3, o9, 4y \}$$

$$G^{tp}_{2,3,1} = \{ H6, X5, X6, h1, h7, m2, t7, 1t \}$$

$$G^{tp}_{3,1,2} = \{ o1 \}$$

$$G^{tp}_{3,1,1} = \{ F2, l5, py, y0 \}$$

$$G^{tp}_{3,2,1} = \{ L2, l8 \}$$

$$G^{tp}_{1,4,1} = \{ P5, T8 \}$$

$$G^{tp}_{4,1,1} = \{ L4, L6, L7, l1 \}$$

En la siguiente página, en el gráfico 7.33 se representa la clasificación cruzada de los datos del tercer censo agropecuario, considerando los cantones que existían en el año 1954.

A continuación se realiza la clasificación cruzada considerando los datos del segundo censo nacional agropecuario. Se determina entonces, con los datos del censo agropecuario del año 1974, la siguiente partición de los cantones, cruzando las tres variables fundamentales del uso del suelo.

$$G^s_{1,1,4} = \{ s3, s5, w1 \}$$

Ref. Gráfico 7.33

$$G_{1,1,3}^s = \{ E4, y1, J6, u1, n1, n7, W2 \}$$

$$G_{1,2,3}^s = \{ U2, u3, u4, U5, u6, v1, V2, P1, z1, z2 \}$$

$$G_{1,2,2}^s = \{ A1, c1, e1, y4, F3, j7, j8, m3, md, T2, T5, gg \}$$

$$G_{1,3,2}^s = \{ a3, o0, j1, Z4 \}$$

$$G_{1,3,1}^s = \{ c2, r1, x1, H6, oc, J2, P3, P5 \}$$

$$G_{2,1,3}^s = \{ e2, ye \}$$

$$G_{2,2,2}^s = \{ a8, b1, B2, r3, r5, X3, o2, Ob, E3, ya, f1, j4, j0, l8, m2, M4, M7, M0, mc, p6, dd, li, Qk, Kk \}$$

$$G_{2,2,1}^s = \{ a2, a5, b3, B5, c3, x4, h3, o1, o9, y6, Y8, F4, mb, T7 \}$$

$$G_{2,3,1}^s = \{ A9, X5, h1, h2, Yn, j9, Já, L2, P2, t1, T6, T8 \}$$

$$G_{3,1,2}^s = \{ M8 \}$$

$$G_{3,1,1}^s = \{ l5, L7 \}$$

$$G_{3,2,1}^s = \{ X6, H5, h7, y0, yb, yf, yp, l1, L4, L6, Mf, P4 \}$$

$$G_{1,4,1}^s = \emptyset$$

$$G_{4,1,1}^s = \{ F2 \}$$

$$G_{2,1,2}^s = \{ yh, M1, m6, m9 \}$$

Con la finalidad de comparar los datos de uso del suelo de los tres censos agropecuarios, se presenta a continuación la clasificación cruzada de los datos del segundo censo agropecuario en los cantones que existían en el año 1954; se determina entonces la siguiente partición:

$$G_{1,1,4}^{sp} = \{ M8, e2, m9, y1 \}$$

$$G_{1,1,3}^{sp} = \{ y1 \}$$

$$G^{SP}_{1,2,3} = \{ T2, c1, yh \}$$

$$G^{SP}_{1,2,2} = \{ A1, F3, T2, c1, j2, j7, j8, md, oo, 1e, 3m \}$$

$$G^{SP}_{1,3,2} = \{ a3, cc, j1 \}$$

$$G^{SP}_{1,3,1} = \{ H6, P3, P5, c2, oc, r1, x1 \}$$

$$G^{SP}_{2,1,3} = \{ e2, ye \}$$

$$G^{SP}_{2,1,2} = \{ M1, m6, m9, yh \}$$

$$G^{SP}_{2,2,2} = \{ M0, M7, X3, a8, b1, f1, j0, j4, l8, m2, mc, ob, p1, r3, r5, t7, 4y \}$$

$$G^{SP}_{2,2,1} = \{ F4, a2, a5, b3, b5, c3, h3, mb, o1, o9, py, x4, 6y \}$$

$$G^{SP}_{2,3,1} = \{ A9, Ja, L2, P2, T8, X5, h1, h2, j9, 1t \}$$

$$G^{SP}_{3,1,2} = \{ M8 \}$$

$$G^{SP}_{3,1,1} = \{ L7, l5 \}$$

$$G^{SP}_{3,2,1} = \{ H5, L4, L6, Mf, P4, X6, h7, l1, y0 \}$$

$$G^{SP}_{1,4,1} = \{ P5, T8 \}$$

$$G^{SP}_{4,1,1} = \{ F2 \}$$

Se presenta, en el gráfico 7.34 de la página siguiente, la clasificación cruzada cantonal que corresponde los datos del segundo censo agropecuario, en los cantones de 1954.

Ref. Gráfico 7.34

Considerando los cantones del primer censo agropecuario, se determina la siguiente clasificación cruzando las tres variables consideradas.

$$G^p_{1,1,4} = \{ a8, yh \}$$

$$G^p_{1,1,3} = \{ F3, T2, X3, j0, j2, m2, md, p1, 4y \}$$

$$G^p_{1,2,3} = \{ b1, oc, r3, y1 \}$$

$$G^p_{1,2,2} = \{ A1, M8, j1, j9, t7, x4, 6y \}$$

$$G^p_{1,3,2} = \{ j4 \}$$

$$G^p_{1,3,1} = \{ F4, H6, X6, j8, x1 \}$$

$$G^p_{2,1,3} = \{ L4, L7, c3, f1, l1, l5, m6, m9, mc, ye \}$$

$$G^p_{2,1,2} = \{ L6, M1, M7, a2, a3, a5, b3, b5, e2, ob, oo, py, y0, 1e \}$$

$$G^p_{2,2,2} = \{ A9, Ja, P4, c1, h2, h3, h7, ii, j7, l8, mb, o1, r5, 3m \}$$

$$G^p_{2,2,1} = \{ L2, M0, T8, c2, h1, 1t \}$$

$$G^p_{2,3,1} = \{ P2, P5, X5, r1 \}$$

$$G^p_{3,1,2} = \{ Mf, o9 \}$$

$$G^p_{3,1,1} = \{ F2 \}$$

$$G^p_{3,2,1} = \{ H5 \}$$

$$G^p_{1,4,1} = \{ P3 \}$$

$$G_{4,1,1}^p = \emptyset$$

En el gráfico 7.35 de la página siguiente se representa la clasificación cantonal cruzada, que corresponde a los datos del primer censo agropecuario del año 1954.

Entonces se comprueba que, del primero al segundo censo agropecuario, tan solo diez cantones (de los ochenta que existían en 1954) no cambian de grupo, a saber:

- En el grupo $G_{1,2,2}$ (labor inferior al 25%; pastos y otros usos entre 25% y 50%): Cuenca (A1) en $G_{1,2,2}$.
- En el grupo $G_{1,3,1}$ (labor y otros usos inferior al 25% y pastos entre 50% y 75%): Guamate (H6), Latacunga (x1) (del que formaba parte Sigchos)
- En el grupo $G_{2,1,3}$ (labor entre 25% y 50%; pastos menor al 25%; y otros usos entre 50% y 75%): Salinas (ye) (que contenía a La Libertad).
- En el grupo $G_{2,1,2}$ (labor y otros usos entre 25% y 50% y pastos inferior al 25%): Portoviejo (M1).
- En el grupo $G_{2,3,1}$ (labor entre 25% y 50%, pastos entre 50% y 75%, y otros usos inferior al 25%): Montúfar (r5) (que incluía a Bolívar), Vinces (l8) (que abarcaba a Palenque).
- En el grupo $G_{2,2,2}$ (en donde todos sus porcentajes están entre 25% y 50%); Cayambe (P2) y Salcedo (X5).
- En el grupo $G_{3,2,1}$ (labor entre 50% y 75%, pastos entre 25% y 50%, y otros usos inferior al 25%): Chunchi (H5).

En cambio del segundo al tercer censo agropecuario, solamente veinte cantones (de los ochenta que existían en 1954) se mantienen en el mismo subconjunto; estos son:

- En el grupo $G_{1,1,3}$ (labor y pastos inferior al 25% y otros usos entre 50% y 75%): Guayaquil (y1) (del que formaba parte Playas).

Ref. Gráfico 7.35

- En el grupo $G_{1,2,2}$ (labor inferior al 25%; pastos y otros usos entre 25% y 50%): Cotacachi (F3), Macará (j8) (que abarcaba Sozoranga) y Esmeraldas (1e) (que contenía a Muisne, Quinindé, Atacames y Rioverde);
- En el grupo $G_{1,3,2}$ (labor inferior al 25%; pastos entre 50% y 75%, y otros usos entre 25% y 50%): Loja (j1) (que incluía a Catamayo) y Gualaceo (a3) (que abarcaba a Chordeleg).
- En el grupo $G_{2,1,3}$ (labor entre 25% y 50%; pastos inferior al 25%, y otros usos entre 50% y 75%): Mejía (P3) en $C_{1,3,1}$; Salinas (ye) (que contenía a La Libertad).
- En el grupo $G_{2,1,2}$ (labor y otros usos entre 25% y 50% y pastos inferior al 25%): Portoviejo (M1) y Jipijapa (m6) (que incluía Puerto López).
- En el grupo $G_{2,2,2}$ (en donde todos sus porcentajes están entre 25% y 50%): Junín (M7), Pangua (X3), Ibarra (f1) (que abarcaba a Pimampiro y Urcuquí), Celica (j4) (que incluía a Zapotillo), y Montúfar (r5) (que contenía a Bolívar).
- En el grupo $G_{2,2,1}$ (labor y pastos entre 25% y 50%, y otros usos inferior al 25%): Pasaje (o9) (que abarcaba Chilla).
- En el grupo $G_{2,3,1}$ (labor entre 25% y 50%, pastos entre 50% y 75%, y otros usos inferior al 25%): Salcedo (X5), Riobamba (h1) (que contenía Chambo) y Ambato (1t) (que incluía a Cevallos, Mocha, Quero y Tisaleo).
- En el grupo $G_{3,1,1}$ (labor entre 50% y 75%, pastos y otros usos inferior al 25%): Quevedo (l5) (que abarcaba Buena Fe, Valencia y Mocache).

Únicamente cuatro cantones permanecen en la misma clase durante los tres censos agropecuarios:

- En el grupo $G_{2,1,2}$ (labor y otros usos entre 25% y 50%; y pastos inferior al 25%) Portoviejo (M1).
- En el grupo $G_{2,3,1}$ (labor entre 25% y 50%, pastos entre 50% y 75%, y otros usos inferior al 25%): Salcedo (X5).
- En el grupo $G_{2,2,2}$ (en donde todos sus porcentajes están entre 25% y 50%): Montúfar (r5) (que contenía a Bolívar).
- En el grupo $G_{2,1,3}$ (labor entre 25% y 50%; pastos inferior al 25%, y otros usos entre 50% y 75%): Salinas (ye) (que contenía a La Libertad),

Claramente se ratifica que durante el primer período intercensal han ocurrido más cambios que en el segundo período.

Al determinar que tan solo cuatro cantones se mantienen en los tres censos agropecuarios en el mismo grupo, se confirma lo que se ha establecido con los otros análisis, que han ocurrido muchos cambios con relación al uso del suelo en el ámbito cantonal.

7.9 ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIAS EN EL ÁMBITO CANTONAL

En el caso que se está analizando, el Análisis de correspondencias permite establecer la correspondencia la variable cualitativa de uso del suelo y los cantones, caracterizados por la distribución condicional de la variable cualitativa; el objetivo es presentar la mayor parte de la información en un gráfico que permita descubrir las relaciones entre entre las tres categorías de uso del suelo y los cantones.

A continuación se presenta en la página siguiente, el gráfico 7.36 que sintetiza los resultados del análisis en correspondencias, para los datos, resumidos de uso del suelo, del tercer censo agropecuario, obtenidos al usar el programa estadístico NCSS (versión 6.0).

Como se puede observar, estos análisis no contribuyen mucho a las conclusiones ya establecidas, pero si confirman los resultados y las afirmaciones que se obtienen con las técnicas y métodos descritos anteriormente; cabe señalar que la clasificación cruzada no da la representación exacta de los individuos en el plano, que en cambio si se obtiene del Análisis en Componentes Principales, utilizando la matriz de covarianzas, y especialmente en la representación mediante el nuevo sistema de coordenadas.

Ref.

Gráfico

7.36

Por estos motivos no se presentan los resultados del análisis de correspondencias, para los datos cantonales correspondientes a los dos primeros censos, en todo caso este análisis se puede realizar utilizando cualquier programa estadístico, que contenga este método entre sus opciones, en particular el NCSS, que es el programa que se ha usado en el presente trabajo para realizar este análisis por los datos del tercer censo nacional agropecuario.

Los resultados detallados del análisis de correspondencias, para los datos cantonales del año 2000, se presentan en el cuadro 2 del anexo 3.

7.10 DISTANCIAS ENTRE LOS CENSOS AGROPECUARIOS, CONSIDERANDO LAS TRES CATEGORÍAS FUNDAMENTALES DE USO DEL SUELO, EN EL ÁMBITO CANTONAL

Para determinar con precisión cuanto han cambiado los cantones, basta calcular las distancias euclidianas entre los censos para cada uno de los cantones.

Si para cada cantón Q se calcula el valor: $D(Q) = D_{ps}(Q) + D_{st}(Q) + D_{pt}(Q) = d(Q_p, Q_s) + d(Q_s, Q_t) + d(Q_p, Q_t)$; donde $D_{ps}(Q)$, $D_{st}(Q)$, $D_{pt}(Q)$ representan las distancias euclidianas que existen entre los datos porcentuales de los censos correspondientes, se obtiene una medida de cuanto ha cambiado el uso del suelo en el cantón Q considerado.

A continuación se determinan los valores de la función D en todos los cantones estudiados en los tres censos agropecuarios, para realizar la clasificación de los cantones mediante una tabla de frecuencias, que se obtiene al dividir el intervalo $[D_{min}, D_{max}]$ en un número determinado de subintervalos con igual longitud.

Se presenta en el cuadro 7.11 los valores de D_{st} , D_{ps} , D_{pt} y de la función D , para los datos de los tres censos agropecuarios, en los cantones correspondientes al año 1954.

Del cuadro 7.11 se deduce que los cambios porcentuales también han sido considerables en los cantones de: Quevedo y Babahoyo, así como en los ya mencionados Pueblo Viejo y Ventanas, que pertenecen a la provincia de Los Ríos; mientras que han ocurrido pocos cambios en Portoviejo y el ya especificado Salcedo, podríamos agregar a Salinas, pero teniendo en cuenta que de él se formó el cantón La Libertad.

CUADRO 7.11

Distancias cantonales entre los censos agropecuarios: Dst, Dps, Dpt; y valor de la medida D, de cambio de uso del suelo, para cada cantón de 1954

CANTON	CNTC1954	Dst	Dps	Dpt	D	Grupo
Salcedo	X5	0.1356	0.0105	0.1420	0.2881	1
Portoviejo	M1	0.1066	0.1522	0.0508	0.3095	1
Salinas	ye	0.0628	0.0968	0.1593	0.3188	1
Jipijapa	m6	0.0809	0.1059	0.1351	0.3219	1
Antonio Ante	F2	0.1383	0.0607	0.1296	0.3286	1
Guamote	H6	0.1260	0.1057	0.0971	0.3288	1
Tulcán	r1	0.0475	0.1269	0.1744	0.3489	1
Cuenca	A1	0.1573	0.0385	0.1866	0.3824	1
Latacunga	x1	0.0912	0.1321	0.1638	0.3871	1
Ambato	1t	0.0601	0.1544	0.1736	0.3881	1
Mejía	P3	0.0748	0.1213	0.1960	0.3920	1
Espejo	r3	0.1328	0.2138	0.0811	0.4278	1
Rumiñahui	P5	0.1093	0.1075	0.2141	0.4309	1
Pujilí	x4	0.0363	0.2081	0.1934	0.4378	1
Cayambe	P2	0.1704	0.0551	0.2153	0.4407	1
Montecristi	m9	0.2213	0.1699	0.0553	0.4466	1
Loja	j1	0.1072	0.1939	0.1525	0.4536	1
Esmeraldas	1e	0.1369	0.1243	0.2009	0.4621	1
Guayaquil	y1	0.1840	0.0673	0.2287	0.4800	1
Rocafuerte	mb	0.0783	0.2115	0.2245	0.5143	1
Paján	M0	0.1333	0.2629	0.1314	0.5276	1
Pedro Moncayo	P4	0.1762	0.2513	0.1229	0.5505	2
24 de Mayo	Mf	0.1137	0.2443	0.1941	0.5521	2
Junin	M7	0.1279	0.1676	0.2808	0.5763	2
Montúfar	r5	0.1510	0.2179	0.2086	0.5775	2
Riobamba	h1	0.0618	0.2703	0.2539	0.5860	2
Otavalo	F4	0.1664	0.2683	0.1764	0.6110	2
Gonzanamá	j7	0.1048	0.2103	0.3023	0.6174	2
Ibarra	f1	0.0497	0.2822	0.2961	0.6281	2
Colta	h3	0.2387	0.2976	0.1329	0.6691	2
Paltas	j9	0.1830	0.3020	0.1878	0.6728	2
Baños	T2	0.2232	0.3169	0.1623	0.7023	2
San Miguel	b5	0.1245	0.3188	0.2687	0.7120	2
Macará	j8	0.0820	0.3448	0.2855	0.7123	2
Celica	j4	0.1671	0.3295	0.2221	0.7187	2
Machala	o1	0.3422	0.2303	0.1673	0.7398	2

San Pedro de Pelileo	t7	0.2484	0.1657	0.3292	0.7433	2
Santa Rosa	ob	0.1513	0.3346	0.2701	0.7561	2
Baba	L2	0.3636	0.1530	0.2573	0.7740	2
San Jacinto de Yaguachi	py	0.1749	0.3140	0.3046	0.7935	2
Daule	6y	0.1776	0.2644	0.3541	0.7961	2
Biblián	c2	0.1081	0.3231	0.3696	0.8008	2
Sigsig	A9	0.2111	0.2495	0.3495	0.8101	2
Chimbo	b3	0.1773	0.2816	0.3525	0.8114	2
Azogues	c1	0.2736	0.2333	0.3297	0.8366	3
Eloy Alfaro	e2	0.1151	0.3164	0.4217	0.8532	3
Alausí	h2	0.1512	0.4065	0.3010	0.8587	3
Guano	h7	0.2618	0.3607	0.2406	0.8631	3
Cotacachi	F3	0.0954	0.4034	0.3775	0.8763	3
Vinces	l8	0.3923	0.0728	0.4133	0.8784	3
Sucre	md	0.1988	0.2460	0.4447	0.8895	3
Guaranda	b1	0.1684	0.3159	0.4205	0.9048	3
Pasaje	o9	0.1911	0.2844	0.4407	0.9161	3
Santa Ana	mc	0.1823	0.2934	0.4523	0.9280	3
Pangua	X3	0.1373	0.3318	0.4672	0.9362	3
Saraguro	Ja	0.2690	0.3575	0.3203	0.9468	3
Milagro	y0	0.1577	0.4348	0.3599	0.9525	3
Saquisilí	X6	0.2119	0.4764	0.2649	0.9532	3
Quito	p1	0.1931	0.3112	0.4593	0.9636	3
Cañar	c3	0.1420	0.4103	0.4147	0.9669	3
Calvas	j2	0.1894	0.3285	0.4532	0.9711	3
Chone	3m	0.3412	0.1876	0.4802	1.0089	3
Gualaceo	a3	0.0355	0.4888	0.4873	1.0116	3
Santiago de Pillaro	T8	0.3103	0.2086	0.4929	1.0118	3
Bolívar	m2	0.2055	0.3220	0.4960	1.0234	3
Urdaneta	L6	0.2741	0.3041	0.4638	1.0421	3
Girón	a2	0.3653	0.2989	0.4347	1.0989	4
Paute	a5	0.3098	0.3126	0.4767	1.0991	4
Zaruma	oc	0.1325	0.4283	0.5471	1.1080	4
Balzar	4y	0.1308	0.4681	0.5354	1.1343	4
Puyando	j0	0.1461	0.4595	0.5699	1.1755	4
Chunchi	H5	0.5030	0.1137	0.5696	1.1862	4
Piñas	oo	0.2376	0.3677	0.5983	1.2036	4
Santa Isabel	a8	0.1873	0.4666	0.5690	1.2230	4
Santa Elena	Yh	0.4181	0.5448	0.2941	1.2570	4
Manta	M8	0.5612	0.3849	0.3764	1.3225	4
Babahoyo	l1	0.3080	0.4435	0.6207	1.3722	5
Puebloviejo	L4	0.3109	0.5158	0.6760	1.5027	5
Quevedo	l5	0.1639	0.6430	0.7090	1.5159	5
Ventanas	L7	0.3234	0.5213	0.7692	1.6139	5

Puesto que existen 80 cantones para las que se ha determinado el valor de D, es conveniente considerar cinco categorías. En este caso, el mínimo se alcanza en Salcedo: $D_{\min} = 0,2881 = D(X_5)$, y el máximo se obtiene en Ventanas: $D_{\max} =$

$1,6139 = D(L7)$. Entonces los cinco grupos de cantones que se obtienen, corresponden a los subintervalos: $[0,28 ; 0,55 [$; $[0,55 ; 0,82 [$; $[0,82 ; 1,08 [$; $[1,08 ; 1,35 [$; y , $[1,35 ; 1,62]$; que, de acuerdo con la magnitud de los cambios, se denominarán:

- $G1 = \{ Q : 0,28 \leq D(Q) < 0,55 \}$ grupo de los cantones que, en el uso del suelo, han tenido un *cambio leve*.
- $G2 = \{ Q : 0,55 \leq D(Q) < 0,82 \}$ de los cantones en los que ha ocurrido un *cambio moderado* en el uso del suelo.
- $G3 = \{ Q : 0,82 \leq D(Q) < 1,08 \}$ de los cantones con un *cambio mediano* en el uso del suelo.
- $G4 = \{ Q : 1,08 \leq D(Q) \leq 1,35 \}$ grupo de los cantones en los que se ha producido un *cambio grande* en el uso del suelo.
- $G5 = \{ Q : 1,35 \leq D(Q) \leq 1,62 \}$ de los cantones que, en el uso del suelo, han tenido un *cambio enorme*.

Entonces se determina que el primer grupo de cantones que, desde el primer censo agropecuario del año 1954 hasta el tercero del 2000, han tenido un cambio leve es igual a: $G1 = \{ X5, M1, ye, m6, F2, H6, r1, A1, x1, 1t, P3, r3, P5, x4, P2, m9, j1, 1e, y1, mb, M0 \}$

Por consiguiente los cantones que han tenido un cambio leve, son los veintiún cantones especificados a continuación: Salcedo (X5), Portoviejo (M1), Salinas (ye) (que abarcaba en el año 1954 a La Libertad), Jipijapa (m6) (que contenía a Puerto López), Antonio Ante (F2), Guamote (H6), Tulcán (r1) con San Pedro de Huaca, Cuenca (A1), Latacunga (x1), Ambato (1t) (que incluía a Cevallos, Mocha, Quero y Tisaleo), Mejía (P3), Espejo (r3) (que abarcaba a Mira), Rumiñahui (P5), Pujilí (x4) (que contenía a La Maná), Cayambe (P2), Montecristi (m9) (que incluía Jaramijó, Loja (j1) (que abarcaba Catamayo), Esmeraldas (1e) (que contenía a Muisne, Quinindé, Atacames y Rioverde), Guayaquil (y1) (que contenía Playas), Rocafuerte (mb) (que incluía Tosagua), Paján (M0); de los cuales nueve no han cambiado sus límites, es decir no se fraccionaron para constituir nuevos cantones (cuyos códigos empiezan con letra mayúscula).

El segundo grupo de cantones que, desde el primer censo agropecuario del año 1954 hasta el tercero del 2000, han tenido un cambio moderado está constituido por: $G2 = \{ P4, Mf, M7, r5, h1, F4, j7, f1, h3, j9, T2, b5, j8, j4, o1, t7, ob, L2, py, 6y, c2, A9, b3 \}$

Entonces los cantones de cambio moderado son los veinte y tres cantones siguientes: Pedro Moncayo (P4), 24 de Mayo (Mf), Junin (M7), Montúfar (r5) (que incluía a Bolívar), Riobamba (h1) (que contenía Chambo), Otavalo (F4), Gonzanamá (j7) (que abarcaba a Quilanga), Ibarra (f1) (que abarcaba a Pimampiro y Urcuquí), Colta (h3) (que contenía Pallatanga), Paltas (j9) (que incluía a Chaguarpamba y a Olmedo), Baños (T2), San Miguel (b5) (que contenía a Chillanes), Macará (j8) (que abarcaba Sozoranga), Celica (j4) (que incluía a Zapotillo), Machala (o1) (que incluía El Guabo), San Pedro de Pelileo (t7) (que abarcaba a Patate), Santa Rosa (ob) (que incluía a Arenillas, a Las Lajas y a Huaquillas), Baba (L2), San Jacinto de Yaguachi (py) (que abarcaba a Coronel Marcelino Maridueña, Alfredo Baquerizo Moreno, Naranjal, Balao, Durán, El Triunfo y Simón Bolívar), Daule (6y) (que contenía a Lomas de Sargentillo, Nobol, Isidro Ayora, Pedro Carbo, Samborondón, Santa Lucía y Urbina Jado), Biblián (c2) (que incluía a parte de Deleg), Sigsig (A9), Chimbo (b3) (que incluía Caluma); de los cuales siete han sido permanentes en sus límites entre el primer y tercer censo agropecuario.

El tercer grupo de cantones que, desde el primer censo agropecuario del año 1954 hasta el tercero del 2000, han tenido un cambio mediano está conformado por: $G3 = \{ c1, e2, h2, h7, F3, l8, md, b1, o9, mc, X3, Ja, y0, X6, p1, c3, j2, 3m, a3, T8, m2, L6 \}$

Entonces los cantones que han tenido un cambio mediano son los veinte y dos cantones siguientes: Azogues (c1) (que incluía a parte de Deleg), Eloy Alfaro (e2) (que abarcaba a San Lorenzo), Alausí (h2) (que contenía a Cumandá), Guano (h7) (que incluía a Penipe), Cotacachi (F3), Vinces (l8) (que abarcaba a Palenque), Sucre (md) (que contenía a Pedernales y Jama), Guaranda (b1) (que abarcaba a Echeandía y a Las Naves), Pasaje (o9) (que contenía a Chilla), Santa

Ana (mc) (que incluía a Olmedo), Pangua (X3), Saraguro (Ja), Milagro (y0) (que abarcaba a Naranjito y General Antonio Elizalde), Saquisilí (X6), Quito (p1) (que contenía a Santo Domingo de los Colorados, San Miguel de los Bancos, Pedro Vicente Maldonado y Puerto Quito), Cañar (c3) (que abarcaba a La Troncal, El Tambo y Suscal), Calvas (j2) (que incluía a Espíndola), Chone (3m) (que abarcaba a El Carmen y a Flavio Alfaro), Gualaceo (a3) (con Chordeleg), Santiago de Píllaro (T8), Bolívar (m2) (que contenía al cantón Pichincha), Urdaneta (L6); de ellos solamente seis han permanecido con sus límites invariables desde el año 1954 del primer censo agropecuario.

El cuarto grupo grupo de cantones que, desde el primer censo agropecuario del año 1954 hasta el tercero del 2000, han tenido un cambio grande está formado por: $G4 = \{ a2, a5, oc, 4y, j0, H5, oo, a8, Yh, M8 \}$

Entonces los cantones en los que ha habido un cambio grande son los diez cantones siguientes: Girón (a2) (que abarcaba a Nabón, San Fernando y Oña), Paute (a5) (que contenía a El Pan, Sevilla de oro y Guachapala), Zaruma (oc) (que incluía a Atahualpa y Portovelo), Balzar (4y) (contenía a Colimes y Palestina), Puyango (j0) (con Pindal), Chunchi (H5), Piñas (oo) (que contenía Balsas y Marcabelli), Santa Isabel (a8) (con Pucará), Santa Elena (Yh), y Manta (M8); de los cuales apenas tres no han cambiado sus límites (estos son: Chunchi (H5), Santa Elena (Yh) y Manta (M8) que se presentan en los gráficos 7.37 y 7.32)

El quinto grupo grupo de cantones que, desde el primer censo agropecuario del año 1954 hasta el tercero del 2000, han tenido un cambio enorme es igual a: $G5 = \{ I1, L4, I5, L7 \}$

Entonces los cantones en los que ha habido un cambio enorme son los cuatro cantones siguientes: Babahoyo (I1) (que contenía a Montalvo), Puebloviejo (L4), Quevedo (I5) (que abarcaba a Buena Fe, a Valencia, y a Mocache), Ventanas (L7); de los cuales únicamente dos no se han fraccionado para constituir nuevos cantones (estos son: Puebloviejo (L4) y Ventanas (L7) que se encuentran representados en el gráfico 7.32).

7.11 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS CANTONAL DEL USO DEL SUELO

Como ya se mencionó en el párrafo 7.3, en algunos cantones se ha ampliado en gran medida la frontera agrícola, se destacan en el segundo período intercensal los siguientes cantones: Saraguro (Ja), Manta (M8), Sigsig (A9), Cuenca (A1), Chunchi (H5) y Santiago de Píllaro (T8); y en el primer período Pangua (X3).

En otros cantones prácticamente no se ha incrementado la superficie agrícola, como en Salcedo (X5), Antonio Ante (F2) y 24 de Mayo (Mf), Ventanas (L7), Pueblo Viejo (L4) y Urdaneta (L6); sin embargo en los tres cantones de la provincia de Los Ríos el uso del suelo ha variado notablemente en términos de porcentajes de cada una de las tres categorías fundamentales, la contribución de los otros usos decrece, mientras que el aporte correspondiente a la labor agrícola crece; lo que significa que en estos tres cantones de la provincia de Los Ríos la misma superficie se ha ido destinando al pasar del tiempo a propósitos relacionados con el cultivo de productos agrícolas; mientras que en los cantones: Salcedo y 24 de Mayo el uso del suelo no ha variado substancialmente, por ejemplo en Salcedo puesto que los pastos dominan en los tres censos, luego le sigue la categoría de labor y finalmente siempre menor es el aporte de la categoría de otros usos.

Para determinar los cambios acaecidos en los cantones, durante los dos períodos intercensales, basta comparar en los mapas los colores correspondientes a los datos cantonales, y examinar las representaciones, en el plano de los datos, de las coordenadas en el nuevo sistema de referencia.

Es importante también establecer los cantones que se han mantenido invariantes, en las diversas particiones determinadas; con este propósito, a continuación en el cuadro 7.12, se presenta el resumen de la clasificación PB y PT, que corresponde a los datos cantonales de uso del suelo en los tres censos agropecuarios, y en el cuadro 7.13 se muestra el resumen de la clasificación cruzada.

Ref. Cuadro 7.15

Ref. Cuadro 7.15 (Cont.)

Ref. Cuadro 7.15 (Cont.)

Ref. Cuadro 7.15 (Cont.)

Ref. Cuadro 7.15 (Cont.)

Ref. Cuadro 7.15 (Cont.)

Ref. Cuadro 7.16

Ref. Cuadro 7.16 (Cont.)

Ref. Cuadro 7.16 (Cont.)

Ref. Cuadro 7.16 (Cont.)

Ref. Cuadro 7.16 (Cont.)

Ref. Cuadro 7.16 (Cont.)

Los cantones Salcedo (X5) en la provincia de Cotopaxi, y Antonio Ante (F2) en Imbabura, son los que menos han cambiado en el uso del suelo, tanto en términos absolutos como relativos (o de porcentajes) en cuanto a las tres categorías fundamentales.

En otros cantones los cambios porcentuales son muy notables, como por ejemplo en los ya mencionados: Ventanas (L7), Pueblo Viejo (L4) de la provincia de Los Ríos que, como se determinó en el capítulo anterior, es la provincia que más se ha modificado en términos relativos.

Para completar la información del gráfico 7.32 e ilustrar las transformaciones ocurridas en algunos cantones, en la siguiente página se presenta en el gráfico 7.37 la evolución sucedida, entre un censo y otro, en los demás cantones en donde no han ocurrido fraccionamientos.

Al analizar el gráfico 7.37, se aprecia por ejemplo que, en los dos períodos intercensales, el cantón Mejía (P3), de la provincia de Pichincha, se mueve desde arriba hacia abajo y de derecha a izquierda, lo que significa que ha disminuido el porcentaje de pastos y se ha incrementado el porcentaje de la categoría que corresponde a otros usos, manteniéndose valores similares para el porcentaje de la actividad de labor agrícola; el cantón Cuenca (A1), capital de la provincia del Azuay, durante el primer período intercensal (desde el año 1954 hasta 1974) cambia muy poco su forma de utilizar la tierra, pues son cercanos los puntos que corresponden a los dos primeros censos (A1p y A1s), y durante el segundo período se mueve hacia la izquierda y arriba, lo que quiere decir que aumenta el porcentaje de pastos, disminuye el de labor y se mantiene relativamente constante el porcentaje que corresponde a otros usos.

En general todos los cantones han cambiado en mayor o menor grado en el uso de la tierra, pero cabe destacar los cuatro cantones que lo han hecho enormemente, todos ellos de la provincia de Los Ríos, por ello es esta provincia en donde el cambio de uso del suelo ha sido el más grande de todos.

Ref. Gráfico 7.37

Los cantones de la región Amazónica que han tenido considerables cambios del segundo al tercer censo agropecuario, en cuanto a su frontera agrícola, es decir respecto a la superficie de UPAs, son: Pastaza (v1) de la provincia del mismo nombre, Shushufindi (S4) y Lago Agrio (S1), de la actual provincia de Sucumbíos, que formaban parte del cantón Putumayo (s3), de la provincia del Napo, en el año 1974.

En la región Amazónica, dentro de los cantones que no han cambiado sus fronteras o límites cantorales, del segundo al tercer censo agropecuario, los dos cantones que más han variado en el uso del suelo (relativo) son: Aguarico (W2) en la provincia de Orellana, y Gualaquiza (U2) en Morona Santiago.

En las otras regiones continentales (Costa y Sierra) al considerar los cantones que no han cambiado sus fronteras o límites cantorales del segundo al tercer censo, los ocho que más han variado en cuanto a los porcentajes de uso del suelo, son: Santa Elena (Yh), Urbina Jado (Yn), Patate (T5), El Carmen (M4), Espíndola (J6), Quinindé (E4), Chunchi (H5) y Manta (M8).

Para tener una idea de cómo se han movido (o evolucionado) estos cantones, se los representa en el gráfico 7.38 en la página siguiente, en el que se excluyen los tres cantones que ya fueron representados en los gráficos 7.32 y 7.37 (Santa Elena (Yh), Manta (M8) y Chunchi (H5)).

Al observar el gráfico 7.38, se determina por ejemplo que, durante el segundo período intercensal, los cantones Chunchi (H5) y Patate (T5) se mueven de abajo hacia arriba, es decir aumenta el porcentaje de pastos, pero Chunchi (H5) lo hace de derecha a izquierda, es decir con la disminución del porcentaje de labor, mientras que Patate (T5) va de izquierda a derecha, es decir decrece el porcentaje que corresponde a la categoría de otros usos.

En general en todos los cantones han ocurrido modificaciones en cuanto al uso del suelo, y aproximadamente en tres de cada cuatro cantones el cambio en el primer período intercensal ha sido mayor que en el segundo.

Ref. Gráfico 7.38

En resumen, en relación a los datos de uso del suelo, de los tres censos agropecuarios, en los cantones Salcedo y Portoviejo los cambios han sido pequeños; al contrario en los cantones Puebloviejo y Ventanas han ocurrido los mayores cambios, en efecto su valor de D es muy superior a todos los demás; en estos cantones se ha incrementado la labor agrícola de manera notable.

A continuación, en el cuadro 7.14 se presenta, el resumen de los resultados correspondientes a los índices o porcentajes de similitud, entre las principales particiones, en los censos agropecuarios adyacentes, consideradas para el análisis de los datos de uso del suelo, en el ámbito cantonal.

CUADRO 7.14
Porcentajes de similitud entre las particiones cantonales, en los censos adyacentes

Partición	Entre el Censo	y el Censo	Valor de e	Valor de ε	Valor de E
PTs	Segundo (2º)	Tercero (3º)	25,8%	23,4%	41,6%
PTt	Segundo (2º)	Tercero (3º)	21,5%	20,4%	35,3%
PTp	Primero (1º)	Segundo (2º)	14,8%	14,7%	26,3%

Como se puede apreciar en el cuadro 7.14, entre el primero y el segundo censos, el índice de similitud es siempre inferior a los correspondientes valores entre el segundo y el tercero; lo que significa que en el primer período intercensal han ocurrido mayores cambios que en el segundo período.

En el ámbito cantonal también se puede resumir el cambio global ocurrido en un período intercensal, con el valor de la distancia entre los censos adyacentes, definida como la suma de las distancias cantonales entre los censos correspondientes, es decir, la distancia entre los dos primeros censos, y respectivamente entre los dos últimos censos, vendrían definidos por las igualdades:

$$D(p,s) = \sum_{\Theta} D_{p,s}(\Theta) ; \text{ y , } D(s,t) = \sum_{\Theta} D_{s,t}(\Theta)$$

Donde las sumatorias mencionados se deben realizar sobre los 80 cantones del año 1954, para realizar la comparación; entonces considerando los resultados expresados en cuadro 7.11, se obtiene que: $D(p,s) = 21,92 > 14,91 = D(s,t)$.

Se confirma entonces que en el primer período el cambio es mayor al del segundo período. Se podría afirmar incluso que el cambio ocurrido entre los dos primeros censos es 1,47 veces el cambio acontecido entre los dos últimos censos, en el ámbito cantonal.

Para mostrar la utilidad de los colores canónicos para comparar los datos cantonales entre los tres censos agropecuarios, es decir para ilustrar los cambios ocurridos en el uso del suelo, en el gráfico 7.39 de la siguiente página, al final del capítulo, se presenta conjuntamente en tres mapas cantonales del año 1954, los colores canónicos asociados a los datos cantonales de uso del suelo, de los tres censos agropecuarios en los cantones de la sierra y de la costa del año 1954 y en los cantones de la amazonía del año 1974.

En cada cantón se puede visualizar la evolución acaecida; por ejemplo, el cantón Antonio Ante (F2), en la provincia de Imbabura, en los tres mapas (del gráfico 7.39) tiene color verde; el cantón Salcedo (X5), en provincia de Cotopaxi, se mantiene con un color marrón.

En cambio los cantones Babahoyo (I1), Pueblo Viejo (L4), Quevedo (I5) y Ventanas (L7), de la provincia de Los Ríos, son los que más han cambiado en términos generales, especialmente del primer al segundo censo, del color azul pasan a verde en el primer período intercensal, y luego a verde claro en el segundo período; lo que significa que ha ocurrido una notable transformación en la estructura de uso del suelo en estos cantones, del predominio de la categoría de otros usos en el año 1954, pasan al predominio de labor en el año 2000.

Por último, es importante determinar si existen cantones que han cambiado de manera semejante a lo ocurrido en el país en el ámbito nacional, con ayuda de las clasificaciones realizadas y mediante el cálculo de las distancias al individuo Q.

Ref. Gráfico 7.39

Cabe señalar que en las cuatro clasificaciones realizadas (PB, PT, K-medias y cruzada) para los tres censos agropecuarios, es decir de las doce particiones cantonales, ningún cantón aparece junto con el individuo promedio Q (que representa al Ecuador) ni siquiera en la mitad de ocasiones; por tanto parece que no existe ningún cantón que sea muy similar al país en cuanto al uso del suelo a nivel nacional.

Este hecho se debe comprobar calculando, para cada cantón Θ , la suma de las distancias (euclidianas) al individuo Q, en los tres censos agropecuarios; es decir, determinando los valores: $S_Q(\Theta) = S_t^Q(\Theta_t) + S_s^Q(\Theta_s) + S_p^Q(\Theta_p) = d(\Theta_t, Q_t) + d(\Theta_s, Q_s) + d(\Theta_p, Q_p) = \|\Theta_t - Q_t\|_2 + \|\Theta_s - Q_s\|_2 + \|\Theta_p - Q_p\|_2$.

Los valores correspondientes a las distancias cantonales al individuo Q, en los tres censos agropecuarios, se presentan en el cuadro 4 del anexo 3.

Se verifica entonces que el máximo valor de S_Q , en el ámbito cantonal, es aproximadamente igual a 1,74. Si se clasifican los cantones en seis grupos que correspondan a los subintervalos: $[0,00 ; 0,29 [$; $[0,29 ; 0,58 [$; $[0,58 ; 0,87 [$; $[0,87 ; 1,16 [$; $[1,16 ; 1,45 [$ y $[1,45 ; 1,74 [$; que, de acuerdo con la magnitud de S, se pueden denominar:

- $A_1 = \{ \Theta : 0 \leq S_Q(\Theta) < 0,29 \}$ grupo de los cantones que *se asemejan al país enormemente*, en el uso del suelo.
- $A_2 = \{ \Theta : 0,29 \leq S_Q(\Theta) < 0,58 \}$ grupo de los cantones que *se asemejan al país bastante*, en el uso de la tierra.
- $A_3 = \{ \Theta : 0,58 \leq S_Q(\Theta) < 0,87 \}$ grupo de los cantones que *se asemejan al país considerablemente*, en el uso del suelo.
- $A_4 = \{ \Theta : 0,87 \leq S_Q(\Theta) < 1,16 \}$ grupo de los cantones que *se asemejan al país regularmente*, en el uso del suelo.
- $A_5 = \{ \Theta : 1,16 \leq S_Q(\Theta) < 1,45 \}$ grupo de los cantones que *se asemejan al país poco*, en el uso del suelo.
- $A_6 = \{ \Theta : 1,45 \leq S_Q(\Theta) < 1,74 \}$ grupo de los cantones que *se asemejan al país muy poco*, en el uso del suelo.

El menor valor de S_Q se alcanza en el cantón Junín (M7), por tanto es el cantón que más se parece al país, en el uso del suelo, a nivel nacional

Se determina entonces que en el primer grupo no hay ningún cantón, es decir el subconjunto A_1 es vacío ($A_1 = \emptyset$). Por consiguiente ningún cantón se asemeja al país enormemente.

El segundo grupo es: $A_2 = \{ M7, F3, X3, A1 \}$, por tanto los cantones que se asemejan bastante al país, en cuanto al uso de la tierra, son: Junín, Cotacachi, Pangua y Cuenca.

El tercer grupo está formado por: $A_3 = \{ F4, A9, Ja, M1, M0, P4, Mf \}$, por consiguiente los cantones: Otavalo, Sigsig, Saraguro, Portoviejo, Paján, Pedro Moncayo, y 24 de Mayo, son los que se asemejan al país considerablemente.

El cuarto grupo es igual a: $A_4 = \{ T2, M8, H5, P2, Yh, L4, X5 \}$, por tanto los cantones que se asemejan al país regularmente son los cantones: Baños, Manta, Chunchi, Cayambe, Santa Elena, Pueblo Viejo, y Salcedo.

El quinto grupo está constituido por: $A_5 = \{ L2, T8, H6, X6, P3, L7, P5 \}$, por consiguiente los cantones: Baba, Santiago de Píllaro, Guamote, Saquisilí, Mejía, Ventanas, y Rumiñahui, son los que se asemejan al país poco, en el uso del suelo.

El sexto grupo es igual a: $A_6 = \{ L6, F2 \}$, por tanto los cantones que se asemejan al país muy poco, en el uso del suelo, son los cantones: Urdaneta y Antonio Ante.

Se confirma entonces lo que ya se había vislumbrado mediante el análisis de las particiones; es decir, no existe ningún cantón que se asemeje enormemente al país en el ámbito nacional.

CAPÍTULO 8

EL ANÁLISIS POLICROMÁTICO DE LOS DATOS PROVINCIALES AMPLIADOS DE USO DEL SUELO, Y DE TENENCIA DE LA TIERRA

8.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo tiene como objetivo ilustrar, con dos ejemplos importantes, relacionados con la estructura del sector agropecuario, el método propuesto en el capítulo 2; es decir realizar el análisis policromático de datos (APC) para comparar los datos censales, correspondientes al uso del suelo en el ámbito provincial, organizados en las seis categorías que son comunes a las tres investigaciones censales realizadas en el país, y los datos que se refieren a la forma de tenencia de la tierra.

La comparación de los datos, en el ámbito provincial, para las seis variables de uso del suelo ampliadas (o comunes en los tres censos agropecuarios) se complementará con la clasificación piramidal PT descrita en el capítulo 3.

El análisis de los datos se podría profundizar con los métodos que se han usado en los capítulos anteriores para las tres categorías fundamentales de uso del suelo, siempre que el objetivo sea examinar las subcategorías de labor (cultivos permanentes, y cultivos transitorios), de pastos (cultivados, y naturales), de otros usos (montes y bosques, y otras tierras no incluidas en las clases anteriores).

Por tanto en este capítulo solamente se realizará, en el ámbito provincial, la comparación de los datos ampliados de uso del suelo mediante la clasificación PT y el análisis policromático de los datos, y consiguientemente se determinarán algunos resultados del análisis en componentes principales (ACP) que son necesarios para lograr el objetivo propuesto; y con los datos de tenencia de la tierra se ilustrará el análisis policromático con datos que no son porcentuales.

8.2 LOS DATOS DE USO DEL SUELO, CON LAS SEIS CATEGORÍAS COMPARABLES, EN LOS TRES CENSOS AGROPECUARIOS

Como ya se mencionó en el primer capítulo, son seis las variables que pueden considerarse comunes en la información de los tres censos agropecuarios, estas son:

SCULPER** : Superficie con cultivos permanentes.

SBCULTRD** : Superficie con cultivos transitorios, con barbecho o en descanso.

SPASCUL** : Superficie bajo pastos cultivados.

SPASNATP** : Superficie bajo pastos naturales o con páramos.

SMONBOS** : Superficie con montes y bosques.

SOTRTIE** : Superficie con otras tierras, o usos, no incluidas en las clases anteriores.

Los dos asteriscos se reemplazan por las dos cifras terminales correspondientes a los años censales, es decir 00 para el tercer censo nacional agropecuario, 74 para el segundo censo agropecuario, y 54 para el primer censo. La primera letra de estas variables (S) se reemplaza por la letra P al referirse al porcentaje correspondiente en lugar de la superficie.

En esta forma, los datos ampliados de uso del suelo correspondientes al tercer censo nacional agropecuario, del año 2000, son los que se presentan en el cuadro 8.1 a continuación.

CUADRO 8.1
Datos de uso del suelo, correspondientes al año 2000, en las seis categorías

PRV	STOTAL00	PCULPER00	PBCULTRD00	PPASCUL00	PPASNATP00	PMONBOS00	POTRTIE00
A	612,100	1.64%	10.27%	11.89%	41.90%	32.35%	1.95%
B	380,812	10.88%	15.58%	29.14%	20.50%	22.69%	1.21%
C	258,230	13.15%	11.07%	16.07%	30.62%	27.15%	1.94%
R	174,206	1.77%	16.12%	23.13%	26.58%	27.96%	4.44%
X	457,197	7.76%	20.69%	16.87%	29.70%	23.01%	1.98%
H	471,445	1.19%	26.59%	11.47%	44.76%	13.91%	2.09%
O	457,026	18.44%	4.11%	50.06%	3.67%	12.36%	11.35%

E	785,843	17.53%	5.52%	32.76%	0.73%	41.47%	2.00%
Y	1,315,023	15.94%	22.60%	14.85%	10.30%	24.08%	12.23%
F	283,662	5.67%	18.37%	15.31%	23.88%	33.97%	2.80%
J	994,852	4.47%	9.52%	14.13%	35.53%	33.95%	2.41%
L	637,311	34.04%	40.27%	11.00%	4.96%	7.15%	2.58%
M	1,583,662	13.21%	10.53%	51.27%	1.52%	21.51%	1.97%
U	891,435	2.32%	3.11%	41.36%	0.74%	52.05%	0.42%
N	288,423	4.78%	6.75%	23.43%	18.11%	46.52%	0.42%
V	430,303	2.67%	0.87%	14.96%	0.12%	80.84%	0.54%
P	925,742	11.58%	10.66%	38.82%	14.03%	21.90%	3.01%
T	204,081	5.57%	18.40%	15.45%	41.54%	15.57%	3.48%
Z	446,905	3.12%	5.45%	39.10%	1.52%	50.25%	0.56%
G	23,428	9.42%	2.30%	49.93%	10.50%	26.53%	1.31%
S	356,484	11.95%	8.79%	15.84%	1.01%	61.04%	1.37%
W	250,170	14.45%	11.63%	14.28%	0.39%	58.31%	0.94%
D	127,499	43.97%	9.57%	33.53%	0.56%	10.23%	2.14%

A continuación, en el cuadro 8.2, se presentan los datos de uso del suelo, clasificados en las seis categorías, correspondientes al segundo censo nacional agropecuario (del año 1974).

CUADRO 8.2

Datos de uso del suelo, correspondientes al año 1974, en las seis categorías

PRV	STOTAL74	PCULPER74	PBCULTRD74	PPASCUL74	PPASNATP74	PMONBOS74	POTRTIE74
A	234,561	1.50%	25.26%	8.95%	33.76%	20.58%	9.95%
B	199,224	12.85%	23.62%	19.12%	21.11%	17.62%	5.67%
C	140,855	4.76%	29.62%	11.52%	31.75%	17.18%	5.17%
R	148,156	0.76%	24.02%	11.17%	36.12%	19.11%	8.83%
X	330,944	3.95%	26.13%	18.63%	30.00%	17.67%	3.63%
H	380,124	0.90%	32.57%	7.77%	50.05%	6.40%	2.30%
O	301,743	18.76%	9.66%	41.73%	6.17%	19.73%	3.95%
E	517,665	12.35%	9.62%	25.30%	0.85%	46.50%	5.38%
Y	1,052,060	12.89%	23.52%	24.60%	8.90%	18.41%	11.68%
F	219,117	0.73%	30.09%	7.44%	28.62%	27.02%	6.10%
J	430,860	4.70%	18.87%	14.25%	33.17%	19.65%	9.36%
L	558,015	37.29%	14.76%	21.26%	10.04%	9.72%	6.93%
M	1,274,157	15.54%	10.98%	36.08%	2.21%	30.01%	5.18%
U	423,157	1.09%	4.70%	30.54%	1.34%	58.53%	3.81%
N	189,151	3.19%	5.94%	22.10%	1.05%	63.95%	3.77%
V	88,108	3.58%	5.14%	32.31%	0.52%	43.49%	14.96%
P	845,046	9.40%	14.91%	21.70%	18.33%	32.64%	3.01%
T	148,874	2.15%	29.31%	14.29%	33.15%	18.54%	2.56%
Z	202,533	1.64%	4.98%	30.00%	1.93%	57.35%	4.10%
G	18,690	7.04%	3.91%	23.28%	26.55%	16.22%	23.00%
N	94,850	2.92%	3.80%	4.91%	2.53%	83.99%	1.84%
N	104,004	3.45%	4.36%	7.97%	0.48%	83.22%	0.53%
D	53,370	20.16%	11.36%	27.40%	0.12%	37.02%	3.93%

Se presentan también, en el cuadro 8.3, los datos de uso del suelo, mediante las seis variables, correspondientes al primer censo agropecuario.

CUADRO 8.3

Datos de uso del suelo, correspondientes al año 1954, en las seis categorías

PRV	STOTAL54	PCULPER54	PBCULTRD54	PPASCUL54	PPASNATP54	PMONBOS54	POTRTIE54
A	249,920	0.37%	27.65%	2.00%	25.93%	16.61%	27.45%
B	269,700	4.04%	24.51%	5.27%	18.13%	34.33%	13.72%
C	122,920	0.34%	28.80%	0.89%	21.97%	9.11%	38.89%
R	186,800	0.16%	20.34%	3.69%	35.97%	19.54%	20.29%
X	395,120	0.08%	17.41%	4.73%	53.71%	7.69%	16.37%
H	315,630	0.48%	32.95%	4.37%	35.55%	9.57%	17.08%
O	199,600	13.68%	16.23%	18.84%	5.61%	12.98%	32.67%
E	171,600	3.09%	31.06%	22.26%	0.70%	23.14%	19.76%
Y	1,023,900	5.37%	17.66%	8.61%	16.08%	24.13%	28.15%
F	226,120	0.14%	25.83%	4.07%	20.92%	21.58%	27.46%
J	495,200	1.41%	16.96%	3.15%	35.08%	14.26%	29.14%
L	602,000	16.46%	16.13%	6.26%	10.63%	24.73%	25.78%
M	982,220	10.56%	20.02%	18.46%	5.97%	23.09%	21.91%
P	618,140	0.39%	19.14%	6.67%	26.84%	11.21%	35.75%
T	141,010	0.65%	30.21%	8.58%	25.32%	11.98%	23.26%

8.3 LA CLASIFICACIÓN PT DE LOS DATOS PROVINCIALES CON LAS SEIS CATEGORÍAS DE USO DEL SUELO

En esta sección se va a determinar la partición PT de los datos provinciales correspondientes a los tres censos agropecuarios, considerando las seis variables de uso del suelo que son comunes, y por tanto permiten comparar la información entre los censos, y conocer las características, y los cambios ocurridos, en la estructura del uso del suelo del sector agropecuario., en el ámbito provincial.

Para establecer la partición PT, basta determinar los elementos que conforman cada uno de los subconjuntos definidos en el capítulo 3, en el caso particular con m igual a seis variables ($m = 6$), es decir determinar los siguientes conjuntos.

$$T_0 = \{ (p_1, p_2, \dots, p_6) \in A : [p_1 > 1/7] \wedge [p_2 > 1/7] \wedge \dots \wedge [p_n > 1/7] \}$$

$$T_1^M = \{ (p_1, p_2, \dots, p_6) \in A : \text{Max}\{ p_1, p_2, \dots, p_6 \} = p_1 > 2/7 \}$$

$$T^M_2 = \{ (p_1, p_2, \dots, p_6) \in A : \text{Max}\{ p_1, p_2, \dots, p_6 \} = p_2 > 2/7 \}$$

Y así progresivamente los siguientes, hasta el subconjunto:

$$T^M_6 = \{ (p_1, p_2, \dots, p_6) \in A : \text{Max}\{ p_1, p_2, \dots, p_6 \} = p_6 > 2/7 \}$$

$$T^m_1 = \{ (p_1, p_2, \dots, p_6) \in A : [\text{Min}\{p_1, p_2, \dots, p_6\} = p_6 \leq 1/7] \wedge [p_2 \leq 2/7] \wedge \dots \wedge [p_6 \leq 2/7] \}$$

$$T^m_2 = \{ (p_1, p_2, \dots, p_6) \in A : [p_1 \leq 2/7] \wedge [\text{Min}\{p_1, p_2, \dots, p_6\} = p_2 \leq 1/7] \wedge [p_3 \leq 2/7] \wedge \dots \wedge [p_n \leq 2/7] \}$$

Y así sucesivamente, hasta el conjunto:

$$T^m_6 = \{ (p_1, p_2, \dots, p_6) \in A : [p_1 \leq 2/7] \wedge \dots \wedge [p_{n-1} \leq 2/7] \wedge [\text{Min}\{p_1, p_2, \dots, p_6\} = p_6 \leq 1/7] \}$$

Por tanto en el subconjunto T_0 el 100% se reparte en forma balanceada o similar entre las seis variables, en T^M_1 el mayor porcentaje es el primero, en T^M_2 el segundo porcentaje es el mayor, y así sucesivamente, en T^M_6 el mayor porcentaje es el sexto o último; en el subconjunto T^m_1 el primer porcentaje es el menor, en T^m_2 el porcentaje menor es el segundo, y en T^m_6 el último porcentaje (el sexto) es el menor.

Para determinar los grupos simultáneamente, se debe distinguir los códigos de las provincias en los tres censos, se aumenta la letra t para los datos del tercer censo agropecuario, la letra s para los datos del segundo censo, y la letra p para los del primer censo. Además se agrega la provincia promedio Q, por consiguiente el análisis contiene en total sesenta y cuatro (64) individuos y seis (6) variables.

Entonces, se puede determinar fácilmente las siguientes igualdades.

$$T_0 = \emptyset$$

$$T^M_1 = \{ Dt \} \cup \{ Ls \} \cup \emptyset$$

$$T^M_2 = \{ Lt \} \cup \{ Fs \} \cup \{ Ep, Tp \}$$

$$T^M_3 = \{ Bt, Gt, Mt, Ot, Pt \} \cup \{ Ms, Os \} \cup \emptyset$$

$$T^M_4 = \{ At, Ct, Ht, Jt, Tt, Xt \} \cup \{ As, Cs, Hs, Js, Rs, Ts, Xs \} \cup \{ Hp, Jp, Rp, Xp \}$$

$$T^M_5 = \{ Qt, Et, Ft, Nt, St, Ut, Vt, Wt, Zt \} \cup \{ Qs, Ds, Es, ns, Ps, ss, Us, Vs, ws, Zs \} \\ \cup \{ Bp \}$$

$$T^M_6 = \emptyset \cup \emptyset \cup \{ Cp, Op, Pp \}$$

$$T^m_1 = \{ Rt \} \cup \emptyset \cup \{ Qp, Ap, Fp, Yp \}$$

$$T^m_2 = \emptyset \cup \{ Gs \} \cup \emptyset$$

$$T^m_3 = \emptyset \cup \emptyset \cup \{ Lp \}$$

$$T^m_4 = \{ Yt \} \cup \{ Ys \} \cup \{ Mp \}$$

$$T^m_5 = \emptyset$$

$$T^m_6 = \emptyset \cup \{ Bs \} \cup \emptyset$$

Recordando que la letra Q representa a la provincia promedio, es decir prácticamente a todo el país, se puede decir que el Ecuador en el año de 1954, del primer censo agropecuario, se caracterizan por tener pocos cultivos permanentes, y en los años 1974 y 2000, de los dos últimos censos se distingue por tener su mayor superficie bajo UPAs con montes y bosques.

La mayor cantidad de provincias en el segundo y tercer censo se encuentran en el grupo T^M_5 , donde predominan las superficies de montes y bosques, en efecto a este subconjunto pertenecen las siguientes provincias:

- Esmeraldas (Et), Imbabura (Ft), Napo (Nt), Sucumbíos (St), Morona Santiago (Ut), Pastaza (Vt), Orellana (Wt) y Zamora Chinchipe (Zt) en el año 2000 del tercer censo agropecuario.
- Esmeraldas (Es), Napo (ns), Pichincha (Ps), Sucumbíos (ss), Morona Santiago (Us), Pastaza (Vs), Orellana (ws), Zamora Chinchipe (Zs) y las Zonas no asignadas (Ds) en el año 1974 del segundo censo.

Cabe señalar que la mayoría de las provincias del grupo T^M_5 son las seis que pertenecen a la región Amazónica.

Otra categoría muy importante es la que corresponde al conjunto T^M_4 , donde predominan las superficies de pastos naturales (con los páramos), en efecto a esta clase pertenecen las provincias:

- Azuay (At), Cañar (Ct), Chimborazo (Ht), Loja (Jt), Tungurahua (Tt) y Cotopaxi (Xt) en el tercer censo agropecuario.
- Azuay (As), Cañar (Cs), Chimborazo (Hs), Loja (Js), Carchi (Rs), Tungurahua (Ts) y Cotopaxi (Xs) en el segundo censo.
- Chimborazo (Hp), Loja (Jp), Carchi (Rp) y Cotopaxi (Xp) en el primer censo.

En el grupo T^M_3 , donde es mayor la superficie de pastos cultivados, están las siguientes provincias:

Bolívar (Bt), Galápagos (Gt), Manabí (Mt), El Oro (Ot) y Pichincha (Pt) del tercer censo agropecuario.

Manabí (Ms) y El Oro (Os) del segundo censo.

En el conjunto T^M_2 , donde dominan los cultivos transitorios, se encuentran las provincias:

- Los Ríos (Lt) en el tercer censo agropecuario.
- Imbabura (Fs) en el segundo censo.
- Esmeraldas (Ep) y Tungurahua (Tp) en el primer censo.

En el grupo T^M_6 , donde es mayor la superficie correspondiente a otras tierras, se encuentran solamente tres provincias del primer censo agropecuario:

- Cañar (Cp), El Oro (Op) y Pichincha (Pp).

En el conjunto T^M_1 , donde dominan los cultivos permanentes, están dos individuos:

- Zonas no Asignadas (Dt) del tercer censo agropecuario.
- Los Ríos (Ls) del segundo censo.

En el grupo T^m_1 , donde la superficie menor es la que corresponde a cultivos permanentes, se encuentran las provincias:

- Carchi (Rt) en el tercer censo agropecuario.
- Azuay (Ap), Imbabura (Fp) y Guayas (Yp) en el segundo censo.

En el grupo T^m_2 , donde la superficie más pequeña es la que corresponde a cultivos transitorios, está únicamente la provincia de:

- Galápagos (Gs) en el segundo censo agropecuario.

En el grupo T^m_3 , caracterizado por poca superficie de pastos cultivados, se encuentra solamente la provincia de:

- Los Ríos (Lp) en el primer censo agropecuario.

En el grupo T^m_4 , donde la superficie más pequeña es la que corresponde a pastos naturales (incluidos los páramos), están las provincias de: $\{ Yt \} \cup \{ Ys \} \cup \{ Mp \}$

- Guayas (Yt) en el tercer censo agropecuario.
- Guayas (Ys) en el segundo censo.
- Manabí (Mp) en el primer censo agropecuario.

En el grupo T^m_6 , donde la superficie menor es la que corresponde a otras tierras, está únicamente la provincia de:

- Bolívar (Bs) en el segundo censo agropecuario.

Esta clasificación se resume en el cuadro 8.4 que se presenta a continuación.

CUADRO 8.4
Clasificación piramidal PT de los datos ampliados de uso del suelo, en los tres censos agropecuarios

Subconjunto	Provincias (t)	Provincias (s)	Provincias (p)
T^M_1	Dt	Ls	
T^M_2	Lt	Fs	Ep, Tp
T^M_3	Bt, Gt, Mt, Ot, Pt	Ms, Os	
T^M_4	At, Ct, Ht, Jt, Tt, Xt	As, Cs, Hs, Js, Rs, Ts, Xs	Hp, Jp, Rp, Xp
T^M_5	Qt, Et, Ft, Nt, St Ut, Vt, Wt, Zt	Qs, Ds, Es, Ns, Ps, Ss, Us, Vs, Ws, Zs	Bs
T^M_6			Cp, Op, Pp
T^m_1	Rt		Qp, Ap, Fp, Yp
T^m_2		Gs	
T^m_3			Lp
T^m_4	Yt	Ys	Mp
T^m_6		Bs	

En este momento se podría realizar la clasificación K-medias, para determinar las provincias que son similares, sin embargo no contribuye mucho al análisis por cuanto estos son conglomerados en donde no es fácil determinar sus caracterizaciones.

8.4 ANÁLISIS POLICROMÁTICO DE LOS DATOS PROVINCIALES CON LAS SEIS CATEGORÍAS DE USO DEL SUELO

En esta sección se va a realizar el análisis policromático de los datos provinciales correspondientes a los tres censos agropecuarios, considerando las seis variables de uso del suelo que son comunes; esta actividad permitirá comparar la información entre los censos, y conocer si en el ámbito provincial han ocurrido cambios en la estructura del uso del suelo en el sector agropecuario, mediante la utilización de mapas en donde los colores de las provincias están asociados a los datos correspondientes.

Por consiguiente se va a aplicar a los datos porcentuales ampliados de uso del suelo, presentados en los cuadros 8.1, 8.2 y 8.3, el método que se describe en el capítulo 2, denominado análisis policromático de datos,.

El primer paso del Análisis Policromático consiste en determinar las tres componentes principales, y el porcentaje de la información explicado por ellas. El cálculo de las componentes se realizó sin estandarizar, considerando la matriz de covarianzas en lugar de la de correlación, como en el caso de las tres variables fundamentales, por medio de las siguientes combinaciones lineales:

$$\text{CPRIN1} = -0,0672P_1 + 0,3158P_2 - 0,2904P_3 + 0,5152P_4 - 0,7025P_5 + 0,2291P_6$$

$$\text{CPRIN2} = 0,4310P_1 - 0,0488P_2 + 0,5918P_3 - 0,3518P_4 - 0,5797P_5 - 0,0426P_6$$

$$\text{CPRIN3} = 0,0975P_1 + 0,1474P_2 - 0,3579P_3 - 0,59P_5 + 0,0011P_5 + 0,7018P_6$$

Las tres componentes principales explican aproximadamente el 90% de la información. No se presentan las representaciones en el plano principal, ni tampoco se realiza la interpretación de los factores que se obtienen del ACP, puesto que solamente sirven como insumo para determinar los colores asociados a cada individuo.

A continuación, en el cuadro 8.5, se presentan las componentes principales que permiten realizar el Análisis Policromático (APC), es decir calcular los colores correspondientes, a los datos ampliados de uso del suelo, en los tres censos agropecuarios, para cada una de las provincias.

CUADRO 8.5

Resultados del análisis policromático, de los datos ampliados de uso del suelo, en los tres censos agropecuarios

PRV	CP1	CP2	CP3	CP1-MinCP1	CP2-MinCP2	CP3-MinCP3	Rojo	Verde	Azul
At	0,0892	-0,1696	-0,1870	0,5984	0,1934	0,0000	168	54	0
Bt	0,0056	0,1013	-0,1109	0,5148	0,4643	0,0761	144	130	21
Ct	0,0502	-0,0257	-0,1232	0,5594	0,3372	0,0639	157	95	18
Rt	0,0326	-0,0271	-0,1108	0,5418	0,3359	0,0763	152	94	21
Xt	0,1063	-0,0217	-0,1115	0,6155	0,3412	0,0756	173	96	21
Ht	0,2869	-0,0852	-0,1779	0,7961	0,2778	0,0091	223	78	3
Ot	-0,0874	0,3781	-0,0251	0,4218	0,7410	0,1619	118	208	45
Et	-0,2731	0,1166	-0,0099	0,2361	0,4796	0,1772	66	134	50

Yt	0,0288	0,0583	0,0930	0,5380	0,4213	0,2801	151	118	78
Ft	-0,0001	-0,0823	-0,0711	0,5091	0,2807	0,1160	143	79	33
Jt	0,0353	-0,1308	-0,1526	0,5445	0,2321	0,0345	153	65	10
Lt	0,1530	0,2258	0,1140	0,6622	0,5888	0,3010	186	165	84
Mt	-0,1639	0,3181	-0,0780	0,3453	0,6810	0,1091	97	191	31
Ut	-0,3733	0,0425	-0,0700	0,1359	0,4054	0,1171	38	114	33
Nt	-0,1831	-0,0838	-0,1006	0,3261	0,2791	0,0864	91	78	24
Vt	-0,5092	-0,2758	0,0263	0,0000	0,0871	0,2133	0	24	60
Pt	-0,0622	0,1906	-0,1014	0,4470	0,5536	0,0856	125	155	24
Tt	0,2215	-0,0377	-0,1713	0,7307	0,3253	0,0158	205	91	4
Zt	-0,3430	0,0391	-0,0614	0,1662	0,4020	0,1256	47	113	35
Gt	-0,1740	0,2374	-0,1465	0,3352	0,6004	0,0405	94	168	11
St	-0,3475	-0,1233	0,0443	0,1617	0,2397	0,2313	45	67	65
Wt	-0,3205	-0,1049	0,0571	0,1887	0,2581	0,2441	53	72	68
Dt	-0,0614	0,4149	0,0208	0,4478	0,7778	0,2078	126	218	58
Qt	-0,0867	0,0630	-0,0542	0,4225	0,4260	0,1329	118	119	37
As	0,2043	-0,1014	-0,0505	0,7135	0,2615	0,1365	200	73	38
Bs	0,1077	0,0719	-0,0336	0,6169	0,4348	0,1535	173	122	43
Cs	0,2110	-0,0455	-0,0718	0,7202	0,3175	0,1152	202	89	32
Rs	0,2143	-0,0902	-0,0828	0,7235	0,2727	0,1043	203	76	29
Xs	0,1638	-0,0013	-0,1037	0,6730	0,3617	0,0834	189	101	23
Hs	0,3972	-0,0864	-0,1860	0,9064	0,2766	0,0010	254	78	0
Os	-0,1017	0,2791	-0,0532	0,4075	0,6420	0,1338	114	180	37
Es	-0,2620	0,0172	0,0409	0,2472	0,3802	0,2279	69	107	64
Ys	0,0368	0,1404	0,0608	0,5460	0,5034	0,2478	153	141	69
Fs	0,1439	-0,1336	-0,0354	0,6531	0,2294	0,1517	183	64	43
Js	0,1686	-0,0455	-0,0764	0,6778	0,3175	0,1106	190	89	31
Ls	0,0584	0,2784	0,0435	0,5676	0,6414	0,2305	159	180	65
Ms	-0,1688	0,1850	-0,0022	0,3404	0,5479	0,1848	95	154	52
Us	-0,3708	-0,0688	-0,0098	0,1384	0,2942	0,1772	39	82	50
ns	-0,3834	-0,1406	0,0256	0,1258	0,2223	0,2127	35	62	60
Vs	-0,2493	0,0375	0,0698	0,2599	0,4004	0,2569	73	112	72
Ps	-0,0509	0,0004	-0,0612	0,4583	0,3633	0,1258	128	102	35
Ts	0,1954	-0,0519	-0,1113	0,7046	0,3111	0,0758	197	87	21
Zs	-0,3567	-0,0650	-0,0084	0,1525	0,2979	0,1786	43	83	50
Gs	0,1149	0,0627	0,0062	0,6241	0,4257	0,1932	175	119	54
ss	-0,4777	-0,3630	0,0618	0,0315	0,0000	0,2488	9	0	70
ws	-0,4934	-0,3308	0,0551	0,0158	0,0322	0,2421	4	9	68
Ds	-0,2084	0,1205	0,0376	0,3008	0,4835	0,2247	84	135	63
Qs	-0,0393	0,0486	-0,0183	0,4699	0,4115	0,1687	132	115	47
Ap	0,2604	-0,1055	0,1457	0,7696	0,2575	0,3328	216	72	93
Bp	0,0423	-0,1383	0,0829	0,5515	0,2246	0,2699	155	63	76
Cp	0,3257	-0,0602	0,2549	0,8349	0,3027	0,4420	234	85	124
Rp	0,2473	-0,1421	0,0192	0,7565	0,2208	0,2062	212	62	58
Xp	0,4007	-0,1269	-0,1211	0,9099	0,2360	0,0659	255	66	18
Hp	0,3454	-0,0822	0,0156	0,8546	0,2808	0,2026	240	79	57
Op	0,0993	0,1474	0,2381	0,6085	0,5103	0,4252	171	143	119
Ep	0,0170	0,0786	0,1759	0,5262	0,4416	0,3629	147	124	102
Yp	0,1043	-0,0492	0,1753	0,6135	0,3138	0,3624	172	88	102
Fp	0,1881	-0,1046	0,1652	0,6973	0,2584	0,3523	195	72	99
Jp	0,2901	-0,1082	0,0848	0,7993	0,2547	0,2718	224	71	76
Lp	0,0611	0,0021	0,2078	0,5703	0,3651	0,3949	160	102	111
Mp	0,0206	0,0745	0,1645	0,5298	0,4375	0,3515	148	123	99

Pp	0,2816	-0,0491	0,1694	0,7908	0,3139	0,3565	222	88	100
Tp	0,2689	-0,0359	0,1004	0,7781	0,3271	0,2874	218	92	81
Qp	0,1691	-0,0365	0,1322	0,6783	0,3264	0,3192	190	91	89

En el análisis el color rojo, corresponde a la primera componente, y se encuentra relacionado con la segunda y cuarta variables, es decir con los porcentajes de los cultivos transitorios y los pastos naturales (puesto que los coeficientes de la combinación lineal son positivos).

El color verde, que corresponde a la segunda componente, está relacionado con la primera y tercera variables, es decir con los porcentajes de los cultivos permanentes y los pastos cultivados.

El color azul, que corresponder a la tercera componente, está relacionado con la sexta variable, es decir con el porcentaje de la categoría concerniente a las otras tierras.

En el gráfico 8.1, de la página subsiguiente, se representa el Análisis Policromático de los datos provinciales ampliados de uso del suelo, en los tres mapas provinciales del Ecuador, de los años que corresponden a los tres censos agropecuarios.

El análisis policromático no es un método de clasificación, sin embargo se podría utilizar también para la formación de conglomerados (clusters) mediante la agrupación de elementos cuyos colores son semejantes o similares. La ventaja consiste en que cualquier persona podría proponer una clasificación, el inconveniente que surge es cierta subjetividad de observar un color similar a otro; no obstante siempre existe la posibilidad de comparar una partición propuesta con otras clasificaciones utilizando el análisis de varianza.

Por ejemplo, en el caso de los datos provinciales ampliados de uso del suelo, correspondientes a los tres censos agropecuarios, en mi criterio se podría realizar la siguiente clasificación, que se presenta en el cuadro 8.6 a continuación.

Ref. Gráfico 8.1

CUADRO 8.6

Clasificación utilizando la similitud de los colores asociados a los datos provinciales ampliados de uso del suelo, en los tres censos agropecuarios

COLOR	PROVINCIAS (t)	PROVINCIAS (s)	PROVINCIAS (p)
Anaranjado	Ht, Tt	Hs	Xp, Hp, Jp
Azul índigo	Vt	Ns, Ss, Ws	
Caqui (claro)	Lt	Ls	
Gris verdoso	St, Wt, Zt	Es, Us, Vs, Zs	
Marrón claro	Xt, Yt	As, Bs, Cs, Fs, Gs, Js, Rs, Ts, Xs, Ys	Bp, Lp, Rp, Tp, Yp, Qp
Marrón	Bt, Ct, Rt, Qt	Ps, Qs	
Marrón oscuro	Ft, Jt, Nt		
Púrpura			Ap, Cp, Fp, Pp
Gris (plomo)			Ep, Mp, Op
Rojo ladrillo	At		
Verde claro	Ot, Dt		
Verde bosque	Et, Mt, Pt, Gt, Ut	Os, Ms, Ds	

Evidentemente otra persona, de acuerdo con su percepción, podría proponer otra partición, pero lo mismo puede suceder al usar los métodos que no son de clasificación, como por ejemplo el Análisis en Componentes Principales, para formar conglomerados.

Por simple curiosidad, a continuación se determinan los índices de similitud descritos en el capítulo 4, para comparar la partición piramidal PT (cuadro 8.4) constituida por doce subconjuntos (con uno de ellos vacío), con la clasificación por colores similares, formada por doce grupos.

Con este propósito se debe realizar la identificación de los grupos: TM1 con el verde claro, TM2 con el caqui (claro), TM3 con el verde bosque, TM4 con el marrón claro, TM5 con el gris verdoso, TM6 con el púrpura, Tm1 con el marrón, Tm2 con el anaranjado, Tm3 con el azul índigo, Tm4 con el gris (plomo), Tm5 con el rojo ladrillo, y Tm6 con el marrón oscuro, entonces se puede comprobar que:

$$e = (1+1+5+8+7+2+1+0+0+1+0+0)/(3+5+10+27+20+5+10+7+5+5+4+1) = 26/102$$

$$= 0,2549 = 25,49\%$$

$$\varepsilon = (1/3+1/5+5/10+8/27+7/20+2/5+1/10+1/5)/12 = 0,1983 = 19,83\%$$

$$E = 26/64 = 0,4063 = 40,63\%$$

Por tanto la partición PT y la clasificación basada en los colores similares, se asemejan poco por elementos, y muy poco por grupos; y en el mejor de los casos se puede afirmar que simplemente se asemejan medianamente.

A continuación, en el cuadro 8.7, se presenta también la clasificación K-medias, considerando 11 conglomerados.

CUADRO 8.7

Clasificación K-medias, de los datos ampliados de uso del suelo, en los tres censos agropecuarios

Grupo	Provincias (t)	Provincias (s)	Provincias (p)
1			Cp, Jp, Pp
2	Ht, Tt	As, Cs, Fs, Hs, Js, Rs, Ts, Xs	
3	Yt	Gs, Ys	Ep, Lp, Mp, Op
4	Dt	Ls	
5	At, Bt, Ct, Ft, Jt, Qt, Rt, Xt	Bs, Ps, Qs	
6	Nt, St, Ut, Wt, Zt	Es, Ns, Us, Vs, Zs	
7	Vt	Ss, Ws	
8	Lt		
9			Hp, Rp, Xp
10			Ap, Bp, Fp, Qp, Tp, Yp
11	Et, Gt, Mt, Ot, Pt	Ds, Ms, Os	

Para calcular los índices o porcentajes de similitud de esta clasificación (K-medias) con la partición Pt, se debe realizar la identificación de los conglomerados: Tm1 con el grupo 10, TM1 con el grupo 4, Tm2 con el grupo 7, TM2 con el grupo 8, Tm3 con el grupo 9, TM3 con el grupo 11, Tm4 con el grupo 3, TM4 con el grupo 2, TM5 con el grupo 6, Tm6 con el grupo 5, y TM6 con el grupo 1, entonces se determina que:

$$e = (4+2+0+1+0+6+3+9+10+1+2)/(7+2+4+4+4+9+7+18+20+11+4) = 38/90 = 0,42 = 42\%$$

$$\varepsilon = (4/7+1+1/4+2/3+3/7+1/2+1/2+1/11+1/2)/11 = 0,41 = 41\%$$

$$E = 38/64 = 0,59 = 59\%$$

Por tanto las dos particiones PT y K-medias se asemejan medianamente por elementos y por grupos, y de acuerdo con el valor de E simplemente se asemejan medianamente.

De la misma manera se podría comparar también la clasificación propuesta con colores similares, con la clasificación K-medias, o mejor aún, se podrían comparar las tres particiones usando el análisis de varianza, pero estos cálculos salen del objetivo de este capítulo. Sin embargo, como se ha comprobado en los análisis provincial y cantonal (cuadros 6.8 y 7.7) se puede verificar que el método K-medias es el que mejor clasifica a los individuos (pues minimiza la inercia dentro de los grupos).

8.5 ANÁLISIS POLICROMÁTICO DE LOS DATOS PROVINCIALES DE TENENCIA DE LA TIERRA

El objetivo de esta sección es ilustrar el uso del análisis policromático con datos numéricos que no son porcentuales. Con esta finalidad se selecciona para el análisis los datos provinciales correspondientes a los tres censos agropecuarios, considerando el número de UPAs según las cinco variables de forma de tenencia de la tierra, lo que permitirá comparar la información entre los censos, y conocer si han ocurrido cambios considerables en la estructura de la tenencia de la tierra del sector agropecuario.

Brevemente se van a revisar las definiciones de las formas de tenencia, según el último censo agropecuario, las mismas que se transcriben del respectivo "Manual del Encuestador".

Forma de tenencia del terreno

La forma de tenencia de cada terreno se considera con relación a la Persona Productora (PP) o a la empresa que representa.

Propio con título (PropTitu)

Es el terreno con título de propiedad a nombre de PP o de la empresa a la que representa, sobre el cual tiene el derecho de determinar la forma de su aprovechamiento, así como, el derecho de transferencia.

De acuerdo a la forma de adquisición, su origen y el grado de limitación en la transferencia de las tierras, se incluyen las siguientes subclases:

- **Terreno bajo plena propiedad:** es la tierra adquirida por compra, herencia, donación, etc., sobre la cual el dueño tiene títulos de propiedad y puede, por lo tanto, ejercer plenos derechos de propiedad.
- **Terreno como beneficio de la Reforma Agraria o Colonización:** es la tierra que el dueño ha recibido del Estado en aplicación de la Ley de Reforma Agraria y Colonización o Desarrollo Agrario. Por lo tanto, se incluyen en esta subclase las tierras que poseen los ex huasipungueros, ex arrimados, colonos y, en general, los ex precaristas, a quienes el Instituto Ecuatoriano de la Reforma Agraria y Colonización (IERAC) o el Instituto Nacional de Desarrollo Agrario (INDA) o el Instituto Nacional de Colonización de la Región Oriental (INCRAE), ha entregado ya los títulos de propiedad.

Terreno ocupado sin título (OcuSinTit)

Es todo terreno explotado por un tenedor que carece de título de propiedad, no tiene contrato de arrendamiento y por el usufructo del mismo no paga renta, no obstante el hecho de retener el usufructo total. La ocupación de esta tierra tiene lugar sin consentimiento del propietario, aún cuando a veces lo tolera. Para fines censales, esta tierra se ha dividido en dos subclases:

- **Tierras ocupadas del Estado:** es tierra de propiedad del Estado que ha sido tomada en posesión u ocupada por un tenedor que no tiene título de propiedad o que se encuentra legalizando su situación de tenencia.
- **Tierra Ocupada de Propiedad Privada:** es tierra de propiedad particular que ha sido ocupada para ser usufructuada por trabajadores agropecuarios, sin pagar arriendo de ninguna clase.

Terreno Arrendado (ArreApar)

Es la tierra entregada a un tenedor o arrendatario por personas particulares, sociedades, el Estado u otras entidades públicas o privadas, por un período de tiempo determinado y mediante un contrato verbal o

escrito. El arrendatario debe pagar por la utilización del terreno un valor de arrendamiento sea en dinero, especies o servicios.

En este caso el arrendatario es el responsable del terreno, corre con todos los riesgos de la producción y el usufructo no es compartido con el dueño del terreno.

Terreno en aparcería o al partir (ArreApar)

Es la tierra por cuyo usufructo el tenedor o aparcerero entrega al propietario una parte del producto cosechado o su equivalencia en dinero. La responsabilidad técnica de la administración de la UPA puede ser exclusiva del aparcerero o bien puede compartirla en grado limitado con el propietario de la tierra, especialmente si este último aporta herramientas, semillas, fertilizantes y otros insumos.

Los riesgos económicos de la explotación en lo que respecta a los ingresos, los comparten siempre entre el aparcerero o partidario y el propietario de la tierra.

Como comunero o cooperado (ComuCoop)

- Terreno poseído como comunero: es la tierra que una comuna ha asignado a cada uno de los miembros para que ejerza los derechos de usufructo sobre ella, a excepción del derecho de venta.
- Terreno comunal y/o de Cooperativas de Producción: es la tierra explotada en forma comunal o colectiva. Generalmente se la destina al pastoreo de ganado de propiedad de los miembros de la comuna y/o cooperativa.

Otra forma de tenencia (MixOtrFor)

Bajo esta forma de tenencia se registrará cualquier otra forma diferente a las anteriores. Por ejemplo las tierras en trámite de herencia, o tierras con tenencia mixta, es decir cuando las tierras de la UPA están bajo más de un régimen de tenencia.

En la cita textual antecedente ***Forma de tenencia del terreno***, lo único que se ha incluido (entre paréntesis) son las denominaciones de las variables que se utilizarán en este trabajo, donde es importante anotar que se juntan las formas correspondientes a ***Terreno arrendado*** y ***Terreno en aparcería o al partir***, en una sola variable denota por ***ArreApar***, para hacer posible la semejanza con los dos primeros censos, y de este modo se puedan efectuar las comparaciones correspondientes.

Las definiciones del segundo censo prácticamente coinciden con las del tercer censo agropecuario del año 2000, se incluyen las tierras en aparcería o al partido

como un forma de arrendamiento, pues prácticamente es un pago en especies (no fijo sino que depende de la cantidad de los productos cosechados), en el censo de 1974 (ver referencia bibliográfica [26] Segundo Censo Agropecuario) las definiciones incluso tienen mayor detalle en cuanto a las formas de arrendamiento, incluyen la combinación de diferentes formas de pago y se mencionan además las siguientes formas:

- Tierras en finquería.- Son tierras ajenas en las cuales un Productor ha establecido cultivos especialmente de carácter permanente, como: banano, café, cacao, etc. y por cuyo usufructo paga al propietario de la tierra un canon anual, sea en dinero, en productos o en servicios.
- Tierras en anticresis o hipotecas usufructuarias.- Son tierras arrendadas por las cuales el Productor entrega al propietario de la tierra cierta cantidad de dinero y por concepto de los intereses que devenga el dinero entregado en anticresis, el productor puede explotar en su beneficio la tierra arrendada en esta forma.
- Tierras usufructuadas por un cuidador.- Es una nueva forma de tenencia precaria que se observa especialmente en las zonas de colonización. Consisten en una superficie de terreno que un propietario, generalmente absentista, entrega a una persona “Cuidador”, para su explotación y usufructo y en pago de estas tierras, el cuidador tiene que trabajar en el predio y desempeñar las funciones asignadas por el dueño. Para los fines de este censo, existen en este caso dos unidades de producción: la que pertenece al propietario y la que corresponde al cuidador, es decir la parcela que ha recibido para su usufructo como parte de pago por su trabajo.
- Tierras en patronazgo.- Es un sistema de tenencia en la Región Oriental, según el cual, un Productor recibe del Propietario una parcela de terreno, por cuyo usufructo y para devengar deudas contraídas con el propietario, tiene que trabajar en labores agrícolas en tierras del mismo.

Los datos provinciales del número de Unidades de Producción Agropecuarias (UPAs) para cada forma de tenencia de la tierra, correspondientes a los tres censos agropecuarios, se presentan, en el cuadro 8.8, a continuación.

CUADRO 8.8

Número de UPAs por cada categoría de tenencia de la tierra, en los tres censos agropecuarios, en el ámbito provincial

PrvCod	TotUPAs	PropTitu	OcuSinTit	ArreApar	ComuCoop	MixOtrFor
At	99633	68434	3232	1688	137	26142
Bt	38728	27412	1639	2234	1037	6405
Ct	32174	26162	819	493	64	4635

PrvCod	TotUPAs	PropTitu	OcuSinTit	ArreApar	ComuCoop	MixOtrFor
Rt	12860	9108	446	367	26	2913
Xt	67806	48131	2899	1135	202	15439
Ht	81668	66145	1145	1008	132	13239
Ot	22115	16020	1394	592	28	4081
Et	16013	8680	4393	112	1084	1744
Yt	65292	38985	7602	2353	2852	13500
Ft	33786	23590	1480	741	43	7932
Jt	65625	44936	3064	801	2818	14006
Lt	41712	26860	4602	1873	168	8209
Mt	74676	47458	6696	1731	145	18646
Ut	17106	8699	3883	278	413	3833
Nt	5116	2332	906	30	839	1009
Vt	5262	2940	553	35	900	833
Pt	64025	49847	2588	1692	344	9553
Tt	71317	45581	1775	1987	316	21658
Zt	9006	4053	3326	35	310	1282
Gt	604	462	20	13	0	109
St	7898	4538	2041	116	525	678
Wt	5963	3348	1301	32	1004	278
Dt	4496	3473	456	18	50	499
Qt	36647	25095	2446	842	584	7679
Ap	40039	29849	2689	2778	40	4683
Bp	18434	10321	643	2523	915	4032
Cp	16762	12421	978	616	0	2747
Rp	8044	5166	1256	701	25	896
Xp	26643	18840	3217	1697	680	2209
Hp	33221	22323	5747	1759	2020	1372
Op	8400	6845	410	707	22	416
Ep	6677	3573	2810	146	43	105
Yp	22831	8890	4338	7105	850	1648
Fp	22299	16819	2243	1653	300	1284
Jp	35133	20134	7413	4203	143	3240
Lp	8729	4482	2496	1207	0	544
Mp	38028	36087	982	312	0	647
Pp	27465	13578	7328	3011	60	3488
Tp	31529	24572	980	1956	680	3341
Qp	22949	15593	2902	2025	385	2043
As	49310	37744	865	1992	34	8675
Bs	22745	15267	468	2574	318	4118
Cs	20592	14970	188	1097	217	4120
Rs	11220	7420	293	1665	260	1582
Xs	36478	27357	634	870	5538	2079
Hs	41422	32853	302	3208	2044	3015
Os	14110	8805	2171	1243	120	1771
Es	14834	4890	9106	147	330	361
Ys	47692	29622	6578	7624	1592	2276

PrvCod	TotUPAs	PropTitu	OcuSinTit	ArreApar	ComuCoop	MixOtrFor
Fs	23612	18090	369	2418	194	2541
Js	44125	26432	3635	3593	1179	9286
Ls	28147	14435	5040	5766	728	2178
Ms	64214	47562	7357	2883	82	6330
Us	9028	2861	3552	237	1309	1069
ns	4674	2452	1708	31	331	152
Vs	2212	1251	749	17	126	69
Ps	40654	30579	2476	2989	660	3950
Ts	30521	20407	320	1459	291	8044
Zs	4970	2328	1958	98	15	571
Gs	333	309	7	2	0	15
ss	1851	420	1357	44	1	29
ws	2378	467	1896	1	0	14
Ds	1794	1474	129	54	86	51
Qs	22475	15130	2224	1740	672	2709

En este cuadro se ha incluido la provincia promedio Q, en cada uno de los tres censos agropecuarios (Qt, Qs y Qp),

Antes de realizar el Análisis Policromático de estos datos, se representa en el gráfico 8.2, de la página siguiente, los datos correspondientes a los totales del país y los datos de algunas provincias representativas de la Región Costa (Los Ríos y Guayas), de la Sierra (Azuay, Pichincha) y de la región Amazónica (Pastaza) que corresponden al número de UPAs por cada categoría de tenencia de la tierra, según los tres censos agropecuarios.

Al observar los cuadros del gráfico 8.2 se evidencia que la mayor cantidad de UPAs son Propias con Título, en los tres censos agropecuarios, y su tendencia es siempre creciente; con mucha frecuencia le sigue la categoría correspondiente a las Formas Mixtas u Otras Formas de tenencia, cuyo comportamiento en el tiempo también es creciente entre censos contiguos.

A nivel nacional le sigue el número de UPAs Ocupadas sin Título, y luego las Arrendadas y en Aparcería, y por último las UPAs que corresponden a Comuneros y/o Cooperativas de producción.

Ref. Gráfico 8.2

La primera etapa del Análisis Policromático consiste en determinar las tres componentes principales, y el porcentaje de información explicado por ellas.

El cálculo de las tres componentes principales se realizó con estandarización, es decir usando la matriz de correlaciones, entonces se obtienen los siguientes resultados, que sirven para determinar los colores asociados para cada provincia, de acuerdo con lo establecido en el Análisis Policromático de Datos.

$$\text{CPr1} = 0,595\text{PropTitu} + 0,377\text{OcuSinTit} + 0,399\text{ArreApar} + 0,217\text{ComuCoop} + 0,546\text{MixOtrFor}$$

$$\text{CPr2} = -0,348\text{PropTitu} + 0,5\text{OcuSinTit} + 0,511\text{ArreApar} + 0,365\text{ComuCoop} - 0,484\text{MixOtrFor}$$

$$\text{CPr3} = 0,07\text{PropTitu} - 0,366\text{OcuSinTit} - 0,239\text{ArreApar} + 0,897\text{ComuCoop} - 0,005\text{MixOtrFor}$$

Las tres componentes principales explican aproximadamente el 86% de la información.

Los resultados del Análisis Policromático (APC), correspondientes a los datos provinciales de tenencia de la tierra, se presentan en el siguiente cuadro 8.9.

CUADRO 8.9

Resultados del análisis policromático, de los datos de tenencia de la tierra, en los tres censos agropecuarios

PRV	CPr1	CPr2	CPr3	CPr1- MinCPr1	CPr2- MinCPr2	CPr3- MinCPr3	Verde	Rojo	Azul
At	3,9983	-2,8843	-0,3990	6,0210	0,0000	1,2384	218	0	45
Bt	0,6575	-0,1089	0,5279	2,6802	2,7753	2,1653	97	101	79
Ct	-0,3686	-1,0595	-0,0534	1,6541	1,8248	1,5840	60	66	57
Rt	-1,2502	-0,6922	-0,0810	0,7726	2,1921	1,5564	28	79	56
Xt	2,0336	-1,7413	-0,2722	4,0564	1,1429	1,3652	147	41	50
Ht	2,1085	-2,3865	0,0438	4,1312	0,4978	1,6812	150	18	61
Ot	-0,6707	-0,6530	-0,2410	1,3521	2,2313	1,3964	49	81	51
Et	-0,5179	0,6587	0,3612	1,5048	3,5430	1,9986	55	128	72
Yt	3,2569	1,1435	1,3803	5,2797	4,0278	3,0177	191	146	109
Ft	0,0368	-1,0777	-0,2342	2,0595	1,8066	1,4032	75	66	51
Jt	2,3540	-0,5552	2,3500	4,3768	2,3291	3,9874	159	84	145
Lt	1,0224	-0,0558	-0,7791	3,0452	2,8285	0,8583	110	103	31
Mt	3,1087	-0,9878	-1,0500	5,1315	1,8964	0,5874	186	69	21
Ut	-0,5170	0,1392	-0,2511	1,5057	3,0235	1,3863	55	110	50
Nt	-1,4896	-0,0563	0,6782	0,5332	2,8280	2,3156	19	103	84
Vt	-1,5296	-0,1067	0,7994	0,4932	2,7776	2,4368	18	101	88
Pt	1,6284	-1,0931	-0,1491	3,6511	1,7911	1,4883	132	65	54

PRV	CPr1	CPr2	CPr3	CPr1- MinCPr1	CPr2- MinCPr2	CPr3- MinCPr3	Verde	Rojo	Azul
Tt	2,6089	-2,1739	-0,1159	4,6317	0,7104	1,5215	168	26	55
Zt	-1,1158	0,2165	-0,2431	0,9069	3,1007	1,3943	33	112	51
Gt	-2,0030	-0,4838	-0,0177	0,0197	2,4005	1,6197	1	87	59
St	-1,3054	0,0829	0,1742	0,7174	2,9671	1,8116	26	108	66
Wt	-1,4186	0,1438	0,7824	0,6041	3,0281	2,4198	22	110	88
Dt	-1,7697	-0,4606	-0,0282	0,2531	2,4236	1,6092	9	88	58
Qt	0,3850	-0,6171	0,1381	2,4078	2,2672	1,7756	87	82	64
Ap	0,6457	-0,0028	-0,7098	2,6684	2,8815	0,9276	97	104	34
Bp	-0,3136	0,2738	0,4581	1,7091	3,1581	2,0955	62	115	76
Cp	-1,0030	-0,5579	-0,2177	1,0198	2,3263	1,4197	37	84	51
Rp	-1,3707	-0,1437	-0,2799	0,6521	2,7406	1,3575	24	99	49
Xp	-0,0154	0,4803	-0,0413	2,0073	3,3646	1,5961	73	122	58
Hp	0,7944	1,6160	0,8854	2,8171	4,5003	2,5228	102	163	91
Op	-1,5019	-0,3264	-0,1367	0,5208	2,5579	1,5007	19	93	54
Ep	-1,3747	0,1408	-0,4419	0,6480	3,0251	1,1955	24	110	43
Yp	1,1464	2,7762	-0,9006	3,1691	5,6605	0,7368	115	205	27
Fp	-0,4476	0,2161	-0,2610	1,5751	3,1004	1,3764	57	112	50
Jp	1,3384	1,8866	-1,6374	3,3611	4,7709	0,0000	122	173	0
Lp	-1,0997	0,3318	-0,5871	0,9230	3,2161	1,0503	33	117	38
Mp	-0,4450	-0,9608	-0,0720	1,5777	1,9235	1,5654	57	70	57
Pp	0,8002	1,5698	-1,5570	2,8229	4,4541	0,0804	102	162	3
Tp	-0,0155	-0,1612	0,3124	2,0073	2,7231	1,9498	73	99	71
Qp	-0,1909	0,4759	-0,3460	1,8318	3,3602	1,2914	66	122	47
As	0,8170	-1,1829	-0,2687	2,8398	1,7013	1,3687	103	62	50
Bs	-0,2904	-0,1023	-0,0961	1,7323	2,7820	1,5414	63	101	56
Cs	-0,7387	-0,6695	0,0673	1,2841	2,2148	1,7047	47	80	62
Rs	-1,0907	-0,0669	-0,0207	0,9321	2,8174	1,6167	34	102	59
Xs	0,8023	1,4414	5,3940	2,8250	4,3257	7,0314	102	157	255
Hs	0,7704	0,4936	1,6353	2,7932	3,3779	3,2727	101	123	119
Os	-0,8414	0,1204	-0,4021	1,1814	3,0047	1,2354	43	109	45
Es	-0,1616	1,6277	-1,1891	1,8612	4,5120	0,4483	67	164	16
Ys	2,6348	3,2605	-0,5201	4,6575	6,1448	1,1173	169	223	41
Fs	-0,4323	-0,1441	-0,1670	1,5904	2,7402	1,4704	58	99	53
Js	1,6198	0,5966	0,1317	3,6425	3,4809	1,7691	132	126	64
Ls	1,1546	2,2976	-0,9167	3,1774	5,1819	0,7207	115	188	26
Ms	2,2698	0,5864	-1,3810	4,2926	3,4707	0,2564	156	126	9
Us	-0,8499	0,7808	0,6823	1,1729	3,6650	2,3197	43	133	84
ns	-1,5564	-0,0082	0,0398	0,4663	2,8761	1,6772	17	104	61
Vs	-1,8235	-0,2798	-0,0095	0,1992	2,6045	1,6279	7	94	59
Ps	0,7643	0,3173	-0,0832	2,7871	3,2016	1,5542	101	116	56
Ts	-0,0250	-0,9543	0,0848	1,9978	1,9300	1,7222	72	70	62
Zs	-1,5363	-0,0932	-0,3278	0,4865	2,7911	1,3096	18	101	47
Gs	-2,0227	-0,4787	-0,0145	0,0000	2,4056	1,6229	0	87	59
ss	-1,7770	-0,1640	-0,2421	0,2457	2,7203	1,3953	9	99	51
ws	-1,6960	-0,0562	-0,3254	0,3267	2,8281	1,3120	12	103	48

PRV	CPr1	CPr2	CPr3	CPr1- MinCPr1	CPr2- MinCPr2	CPr3- MinCPr3	Verde	Rojo	Azul
Ds	-1,9233	-0,4272	0,0484	0,0994	2,4571	1,6858	4	89	61
Qs	-0,2578	0,2998	0,0922	1,7649	3,1841	1,7296	64	115	63

En el análisis el color verde se ha hecho corresponder a la primera componente, y está relacionado con todas las variables, pero especialmente con la primera y la quinta, es decir con las variables PropTitu y MixOtrFor.

El color rojo, que corresponde a la segunda componente, está relacionado con la segunda y tercera variables, es decir con OcuSinTit y ArreApar. El color azul, que corresponde a la tercera componente, está relacionado con la cuarta variable, es decir con ComuCoop.

En el gráfico 8.3, de la siguiente página, se representa el Análisis Policromático de los datos provinciales de tenencia de la tierra, en los tres mapas provinciales del Ecuador, de los años que corresponden a los tres censos agropecuarios.

En este caso, la desventaja del análisis policromático es que en un color no está identificado con una sola variable, para evitar este inconveniente se podría proceder como en el caso del uso del suelo, es decir considerar solamente tres variables fundamentales.

Con este propósito, se podría agregar el número de UPAs de categorías convenientemente elegidas, por ejemplo definir la categoría de tierras en Plena Propiedad (PlenProp) como la suma de tierras Propias con Título y tierras como Comunero o Cooperado, es decir: $PlenProp = PropTitu + ComuCoop$; y tierras Ocupadas Sin Título o Arrendadas, es decir: $OcuArren = OcuSinTit + ArreApar$; y dejar como tercera variable la que corresponde a UPAs con formas de tenencia mixtas o con otras no contempladas en las formas anteriores, es decir mantener la variable MixOtrFor; y aplicar entonces, para las tres variables porcentuales fundamentales de tenencia de la tierra, los métodos y técnicas de análisis descritos en los capítulos anteriores para las tres variables porcentuales resumidas de uso del suelo.

Ref. gráfico 8.3

8.6 DISTANCIAS ENTRE LOS CENSOS AGROPECUARIOS, CONSIDERANDO LAS SEIS CATEGORÍAS DE USO DEL SUELO, EN EL ÁMBITO PROVINCIAL

Para determinar con precisión en que medida han cambiado las provincias, en cuanto al uso de la tierra, considerando las seis categorías, se debe calcular: $D(\Theta) = D_{p,s}(\Theta) + D_{s,t}(\Theta) + D_{p,t}(\Theta) = d(\Theta_p, \Theta_s) + d(\Theta_s, \Theta_t) + d(\Theta_p, \Theta_t)$, para cada provincia Θ , y de acuerdo con sus magnitudes clasificar a las provincias en cuatro o cinco grupos, determinados por los correspondientes subintervalos, de igual longitud, del intervalo $[D_{min}, D_{max}]$.

A continuación se presenta en el Cuadro 8.10 los valores de $D_{s,t}$, $D_{p,s}$, $D_{p,t}$ y de la función D , para cada una de las provincias que intervienen en los tres censos agropecuarios; de este cuadro se deduce que han ocurrido cambios porcentuales importantes en las provincias de: Los Ríos, Cañar y Pichincha.

CUADRO 8.10

Distancias provinciales entre los censos agropecuarios: $D_{s,t}$, $D_{p,s}$, $D_{p,t}$; y valor de la medida de cambio D para cada provincia, considerando las seis categorías de uso del suelo

PROVINCIA	PRV	Dst	Dps	Dpt	D
Zamora Chinchipe	Z	0,1218			
Morona Santiago	U	0,1323			
Napo	N	0,2471			
Sucumbíos	S	0,2747			
Orellana	W	0,2889			
Zonas no asignadas	D	0,3646			
Galápagos	G	0,3940			
Pastaza	V	0,4385			
Chimborazo	H	0,1157	0,2122	0,2048	0,5327
Guayas	Y	0,1182	0,2650	0,2149	0,5980
Carchi	R	0,1987	0,1419	0,2843	0,6249
Promedio	Q	0,0639	0,2799	0,3358	0,6796
Tungurahua	T	0,1456	0,2384	0,2963	0,6804
Bolívar	B	0,1466	0,2496	0,3153	0,7115
Imbabura	F	0,1747	0,2399	0,3135	0,7281
Cotopaxi	X	0,0886	0,3329	0,3515	0,7729
Loja	J	0,1860	0,2370	0,3589	0,7819
PROVINCIA	PRV	Dst	Dps	Dpt	D

Azuay	A	0,2241	0,2094	0,3943	0,8277
Manabí	M	0,1787	0,2755	0,3992	0,8534
Esmeraldas	E	0,1166	0,3615	0,4028	0,8809
El Oro	O	0,1468	0,3825	0,4004	0,9298
Los Ríos	L	0,2860	0,3524	0,4235	1,0619
Cañar	C	0,2338	0,3783	0,4975	1,1095
Pichincha	P	0,2121	0,4392	0,5081	1,1593

En este caso, el mínimo se alcanza en la provincia de Chimborazo: $D_{\min} = 0,5327 = D(H)$, y el máximo se consigue en la provincia de Pichincha: $D_{\max} = 1,1593 = D(P)$. Entonces, si se consideran cuatro grupos, se obtienen los siguientes subintervalos: $[0,532 ; 0,689 [$, $[0,689 ; 0,846 [$, $[0,846 ; 1,003 [$ y $[1,003 ; 1,16]$, que se denominarán:

- $P_1 = \{ \Theta : 0,532 \leq D(\Theta) < 0,689 \}$ grupo de las provincias que, en el uso del suelo, han tenido un *cambio leve*.
- $P_2 = \{ \Theta : 0,689 \leq D(\Theta) < 0,846 \}$ de las provincias en las que ha ocurrido un *cambio moderado*.
- $P_3 = \{ \Theta : 0,846 \leq D(\Theta) < 1,003 \}$ de las provincias con un *cambio mediano* en el uso del suelo.
- $P_4 = \{ \Theta : 1,003 \leq D(\Theta) \leq 1,16 \}$ grupo de las provincias en las que se ha producido un *cambio grande*.

Se determina entonces que el primer grupo es: $P_1 = \{ H, Y, R, T, Q \}$, por consiguiente las provincias que, desde el primer censo agropecuario del año 1954 hasta el tercero del 2000, han tenido un cambio leve, son cinco: Chimborazo, Guayas, Carchi, Tungurahua y la Provincia Promedio.

El segundo grupo está constituido por $P_2 = \{ B, F, X, J, A \}$, entonces las provincias en las que ha ocurrido un cambio moderado son las cinco siguientes: Bolívar, Imbabura, Cotopaxi, Loja y Azuay.

El tercer grupo está formado por $P_3 = \{ M, E, O \}$, entonces las provincias en las que ha ocurrido un cambio mediano son tres: Manabí, Esmeraldas y El Oro.

El cuarto grupo está compuesto por: $P_4 = \{ L, C, P \}$, por tanto las provincias en donde ha producido un cambio grande son: Los Ríos, Cañar y Pichincha.

Las Zonas no asignadas, la provincia de Galápagos, y la de Pastaza de la región amazónica han tenido también cambios considerables del segundo al tercer censo agropecuario, al contrario han cambiado poco las provincias de Morona Santiago y Zamora Chinchipe de la amazonía.

8.7 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS PROVINCIAL, CONSIDERANDO LAS SEIS CATEGORÍAS DE USO DEL SUELO

Al observar los cuadros 8.4, 8.6 y 8.7, es importante notar que ninguna de las provincias se mantiene siempre en el mismo grupo, en las tres clasificaciones presentadas en este capítulo, durante los tres censos agropecuarios, incluso al considerar solo los dos primeros censos, tampoco existen provincias invariantes en las tres particiones.

Si se examinan los dos últimos censos, son apenas dos provincias las que se mantienen siempre en el mismo grupo, en las tres clasificaciones mencionadas, a saber: Chimborazo y Guayas; justamente estas provincias tienen los menores valores de la medida de cambio D , por consiguiente son las provincias que menos han variado en cuanto a sus características de uso del suelo, desde el primer censo agropecuario.

Si se consideran las seis categorías de uso del suelo, las provincias que han tenido un cambio grande, además de Los Ríos, son Cañar y Pichincha.

Una medida que, en el ámbito provincial, puede resumir el cambio global ocurrido en un período intercensal sería la distancia entre los censos adyacentes, definida como la suma de las distancias provinciales entre los censos correspondientes, es decir, la distancia entre los dos primeros censos, y respectivamente entre los dos últimos censos, vendrían definidos por las igualdades:

$$D(p,s) = \sum_{\Theta} D_{p,s}(\Theta) ; \text{ y } , D(s,t) = \sum_{\Theta} D_{s,t}(\Theta)$$

Donde la sumatoria se realiza sobre las quince provincias investigadas en los tres censos agropecuarios, para efectos de poder compararlos; entonces considerando los resultados del cuadro 8.10, se obtiene: $D(p,s)=4,60 > 2,64=D(s,t)$.

Por consiguiente en el primer período el cambio es mayor al del segundo período, se podría afirmar incluso que el cambio ocurrido entre los dos primeros censos es 1,74 veces el cambio acontecido entre los dos últimos censos, lo que coincide plenamente con lo expresado en las conclusiones, en el ámbito provincial, al considerar las tres variables fundamentales de uso del suelo.

Es importante recalcar que el análisis policromático, que se resume en el gráfico 8.1 (y 8.3) permite establecer, a simple vista y de manera inmediata, que han ocurrido muchos cambios, en el ámbito provincial, en la estructura del sector agropecuario, correspondiente al uso del suelo (y a la tenencia de la tierra); además se puede observar, por la semejanza de los colores, que en el segundo período intercensal los cambios han sido menores a los ocurridos en el primer período, lo que se ha confirmado mediante los cálculos realizados.

En resumen, cabe mencionar que el Análisis Policromático se puede utilizar para todo tipo de datos multidimensionales numéricos, pero se adapta mejor cuando se analizan únicamente tres variables cuantitativas, por cuanto la relación entre los datos y los colores fundamentales, se obtiene por medio de una homotecia, en el caso de datos porcentuales, y realizando previamente una traslación, en el caso ordinario; esto asegura que se mantengan las distancias entre individuos, salvo el factor constante de la homotecia, y principalmente permite asociar cada color fundamental con cada variable numérica, lo que favorece notablemente la interpretación de los resultados, y por tanto facilita la descripción de los datos.

En cambio, en el caso general, cuando hay que analizar más de tres variables, se debe determinar inicialmente las tres primeras componentes principales, y considerar los colores que les corresponden, lo que en general no permite que se

mantengan exactamente las distancias entre individuos, salvo que el porcentaje explicado sea igual al 100%, y tampoco se puede asociar directamente cada color básico con cada variable numérica original, de hecho la relación que se obtiene es entre una componente principal y un color fundamental, lo que complica un poco la interpretación de los resultados, por cuanto un color básico no está asociado únicamente a una variable sino a una combinación lineal de las variables analizadas (se podría decir que el color corresponde a un factor).

Considero que se podría desarrollar también un Análisis Policromático para datos categóricos; resultaría posiblemente más simple, puesto que se podría asociar directamente las categorías con colores; o en su defecto se podría realizar previamente el análisis de correspondencias, y luego aplicar las mismas ideas que se han mencionado anteriormente.

Otra perspectiva de desarrollo del Análisis Policromático consistiría en adaptarlo para el caso en que los datos sean estimadores estadísticos por intervalos, por ejemplo en los censos de los años 1954 y 2000, que fueron por muestreo, se determinó que los coeficientes de variación, de las superficies de las categorías de uso del suelo en el ámbito nacional y provincial, están entre el 1 y el 10%, digamos alrededor del 6%, lo que implica que los datos porcentuales de labor, pastos y otros usos, con el 95% de confianza, están entre los valores mencionados más menos el 6%; lo que significa que a un individuo no estaría asociado a un color (o su longitud de onda), sino a una gama de colores, es decir debería estar relacionado con una vecindad del color asociado en el triángulo que contiene los datos (o por medio de un intervalo de longitudes de onda).

Adicionalmente se podría desarrollar un programa informático que realice todo el proceso del Análisis Policromático de Datos Multidimensionales, incluyendo la asignación automática de los colores en los correspondientes individuos representados en los mapas, esto supone una tarea considerable de programación, que se podría realizar, con ciertas ventajas, posiblemente en SAS, puesto que se utilizaría el módulo SAS/GRAPH que trabaja los datos relacionados con los mapas correspondientes.

CAPÍTULO 9

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alonso M., Finn E. (1970). Física: Campos y Ondas. Volumen 2. Washington : Fondo Educativo Interamericano.
2. Anderson T. W. (1984). An Introduction to Multivariate Statistical Analysis. Segunda edición. New York : John Wiley & Sons.
3. Araujo A. (1984). Análisis en Componentes Principales. Tesis para la obtención del título de Matemático. Quito : Escuela Politécnica Nacional.
4. Bozdogan H. (2003). Statistical Data Mining and Knowledge Discovery. Boca Raton : Chapman & Hall/CRC.
5. Benzecri J. P. (1973). L'analyse des données. Tome 2. París : Dunod.
6. Bucheli V., Dávila P., Cadena M., Araujo A., Muñoz F., Andrade M. (2003). El productor agropecuario y su entorno. Quito : Proyecto SICA-MAG-INEC.
7. Cailliez F., Pagès J. P. (1976). Introduction à l'analyse des données. París : Smash.
8. Díaz de Rada V. (2002). Técnicas de análisis multivariante para investigación social y comercial. Madrid : Ra-Ma.
9. Draper N. R., Smith H. (1981). Applied Regression Analysis. New York : John Wiley & Sons.
10. FAO. (1996). Programa del Censo Agropecuario 2000. Desarrollo Estadístico No. 5. Roma : Colección FAO.
11. Grande I., Abascal E. (1989). Métodos multivariantes para la investigación comercial. Barcelona : Ariel.
12. Joaristi L., Lizasoarín L. (1999). Análisis de Correspondencias. Series Cuadernos de Estadística, N° 5. Madrid : La Muralla.
13. Landau S., Everitt B. (2004). A Handbook of Statistical using SPSS. Boca Raton : Chapman & Hall/CRC.
14. Lebart L., Morineau A., Fenelon J. P. (1985). Tratamiento estadístico de datos. París : Dunod.
15. Lebart L., Morineau A., Piron M. (1995). Statistique exploratoire multidimensionnelle. París : Dunod.
16. Lebart L., Morineau A., Warwick K. (1984). Multivariate Descriptive Statistical Analysis; Correspondence Analysis and Related Techniques for Large Matrices. New York : John Wiley & Sons.
17. NCSS 6.0 (1998). Help System: Statistical Software Manual. USA : NCSS.
18. Otañez G. (2002). Análisis preliminar de los datos del tercer censo nacional agropecuario. Quito: Proyecto SICA-MAG-INEC.
19. Primer Censo Agropecuario Nacional – 1954. (1959). Resultados Nacionales y Provinciales. Quito : Banco Central del Ecuador, Ministerio de Economía, Banco Nacional de Fomento.
20. Rabe Hesketh S., Everitt B. (2004). A Handbook of Statistical Analysis using Stata. Tercera edición. Boca Raton : Chapman & Hall/CRC.
21. Rencher A. (2002). Methods of Multivariate Analysis. Segunda edición. New York : Wiley-Interscience.

22. SAS Institute Inc. (1996). SAS Fundamentals: A Programming Approach. Cary (NC 27513) : SAS Institute Inc..
23. SAS Institute Inc. (2000). SAS Programming II: Manipulating Data with the DATA Step. Cary (NC 27513) : SAS Institute Inc..
24. SAS Institute Inc. (1992). SQL Processing with the SAS System. Cary (NC 27513) : SAS Institute Inc..
25. SAS Institute Inc. (2000). SAS OnlineDocV8\sasdoc\sashtml\stat. Cary (NC 27513) : SAS Institute Inc..
26. Segundo Censo Agropecuario – 1974. (1979). Resumen Nacional, Resultados Definitivos. Quito : Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC).
27. Segundo Censo Agropecuario – 1974. (1979). Provincia: □□□□□□□□. Resultados Definitivos. Un volumen por cada provincia. Quito : Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC).
28. SPSS, Inc. (1999). Estadísticas Avanzadas de SPSS 10.0. Chicago : SPSS, Inc..
29. Tercer Censo Nacional Agropecuario – 2000. (2002). Resultados Nacionales y Provinciales. Quito : Proyecto SICA-Banco Mundial, Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).
30. Tercer Censo Nacional Agropecuario – 2000. (2003). Resultados Provinciales y cantorales. Un volumen por cada provincia. Quito : Proyecto SICA-Banco Mundial, Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).