UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
RECINTO DE RIO PIEDRAS
FACULTAD DE ADMINISTRACION DE EMPRESAS
Instituto de Estadística y Sistemas Computadorizados de Información

Análisis Multivariante, usando R

Preparado por:
José Carlos Vega Vilca, Ph.D.
jose.vega23@upr.edu

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
Recinto de Río Piedras

Manual de Trabajo del curso Análisis Multivariante Aplicado, ESTA 5503
José Carlos Vega Vilca

Tema 1.- Revisión del álgebra de matrices: Definición de matriz. Tipos de matrices. Operaciones con matrices.

1.1) Generar las siguientes matrices que se solicitan a continuación:

a) Matriz A de orden 3×4
b) Matriz B de orden 4×4
c) Matriz C de orden 4×4
d) Matriz D de orden 4×4
e) Matriz E de orden 4×6
f) Matriz F de orden 6×3

1.2) Realizar las siguientes operaciones con matrices

a) A'
b) B^{-1}
c) $B + C$
d) $(B + C) + D$
e) $B + (C + D)$
f) $B + C + D$
g) $BC - D$
h) $(EF)A$
i) $E(FA)$
j) EFA
k) $(EFA)^{-1}$
l) $B'C\ D^{-1}$
m) $(B^{-1} + C' - D)'$
n) $-2B + 5C + 2\ D^{-1}$

Tema 2.- Revisión del algebra de matrices: Determinante e inversa. Valores y vectores propios. Teorema de descomposición espectral. Manipulación de matrices mediante la computadora.

2.1) Generar las siguientes matrices que se solicitan a continuación:

a) Matriz A de orden 4×4
b) Matriz simétrica B de orden 4×4
c) Matriz C de orden 4×4
d) Matriz simétrica D de orden 4×4

2.2) Realizar los siguientes cálculos

a) Determinante de A
b) Valores propios de A
c) Matriz diagonal que contiene los valores propios de A
d) Matriz de vectores propios de A
e) Determinante de B
f) Verificar que la matriz B es simétrica
g) Valores propios de B
h) Matriz diagonal V, que contiene los valores propios de B
i) Matriz G, de vectores propios de B
j) Multiplicar: $G\ VG'$ y comparar con la matriz B

Tema 3.- Conceptos básicos del análisis multivariante: Vector aleatorio. Matriz de datos. Vector promedio. Matriz de covarianzas. Matriz de correlaciones. Operaciones de cómputo mediante la computadora.

3.1) Considere la siguiente matriz de datos sobre el rendimiento de 10 empresas

Compañia	X1	X2	X3
Citigroup	108	17	1484
General_Electric	152	17	750
American_Intl_Group	95	11	766
Bank_of_America	65	14	1110
HSBC_Group	63	10	1031
Exxon_Mobil	264	25	195
Royal_Dutch/Shell	265	18	194
BP	285	16	191
ING_Group	92	8	1175
Toyota_Motor	166	11	211

X1: ventas (miles de millones de dólares)

X2: utilidades (miles de millones de dólares)

X3: activos (miles de millones de dólares)

Mediante operaciones de matrices

a) Calcular el vector media $\bar{\mathbf{x}} = \frac{1}{n}\mathbf{X}'\mathbf{u}$

b) Calcular la matriz de datos centrada $\mathbf{C} = \mathbf{X} - \frac{1}{n}\mathbf{u}\mathbf{u}'\mathbf{X}$

c) Calcular la matriz de varianzas y covarianzas $\mathbf{S} = \frac{1}{n-1}\mathbf{C}'\mathbf{C}$

Mediante comandos de computadora

a) Calcular el vector media

b) Calcular la matriz de datos centrada

c) Calcular la matriz de varianzas y covarianzas

d) Calcular la matriz de correlaciones

Tema 4.- Distribución Normal Multivariante: Función de densidad de la Distribución Normal Bivariada y Multivariada, propiedades. Evaluación de la normalidad de una matriz de datos. Operaciones de cómputo mediante la computadora.

Para probar la normalidad de una matriz de datos $\mathbf{X}$ de orden $n \times p$, se presentan dos métodos muy conocidos, estos son:

1) Prueba de normalidad de Mardia
2) Prueba de Normalidad gráfica de Gnanadesikan

Ambos procedimientos necesitan que la matriz de datos sea "data.frame"

PRUEBA DE NORMALIDAD DE MARDIA

```
mardia1=function(dat)
{n=dim(dat)[1]; p=dim(dat)[2]
 u=rep(1,n)
 D=scale(dat,scale=F)
 mx=u%*%as.matrix(dat)*(1/n); s=var(dat)
 si=solve(s)
 G=D%*%si%*%t(D)
 sesgo=sum(G^3)/n^2
 kurtosis=sum(diag(G)^2)/n
 kur=p*(p+2)
 chi.cal=n*sesgo/6; gl=kur*(p+1)/6
 z.cal=(kurtosis-kur)/(8*kur/n)^0.5

 p1=pchisq(chi.cal,gl); q1=1-p1
 p2=pnorm(z.cal); q2=1-p2

 if(p1<q1) pval1=2*p1 else pval1=2*q1
 if(p2<q2) pval2=2*p2 else pval2=2*q2

ses.sal=cbind(sesgo,chi.cal,pval1)
kur.sal=cbind(kurtosis,z.cal,pval2)

list(media=mx,var_cov=s,sesgo=ses.sal,kurtosis=kur.sal)

}
```

PRUEBA DE NORMALIDAD GRAFICA: Johnson_Wichern

```
normplot=function(dat)
{ n=dim(dat)[1]; p=dim(dat)[2]
  u=rep(1,n)
  mx=u%*%as.matrix(dat)*(1/n); vx=var(dat)
  d2=mahalanobis(dat,mx,vx)
  d2=sort(d2)
  a=seq((1-1/2),(n-1/2),by=1)
  b=a/n
  quant=qchisq(b,p)
  plot(quant,d2,xlab="quantil chi-cuadrado",
      ylab="distancia de Mahalanobis al cuadrado",
        main="Plot de normalidad multivariada")
  abline(0,1,col=2)
list(media=mx,var_cov=vx)
}
```

4.1) Con los datos del Ejemplo 4.14 (pag. 186). Evaluar la normalidad multivariada de un conjunto de datos con 4-variables

4.2) Evaluar la normalidad de los datos “iris” de la base de datos en R, para la especie “setosa”

4.3) Evaluar la normalidad de los datos “iris” de la base de datos en R, para la especie “versicolor”

4.4) Evaluar la normalidad de los datos “iris” de la base de datos en R, para la especie “virginica”

<u>Tema 5</u>.- Inferencias con datos multivariantes. Prueba de hipótesis de un vector de medias, prueba de hipótesis de diferencia de dos vectores de media, prueba de hipótesis de no igualdad de matrices de covavianzas

```
Hip.vm=function(dat,mu)
{ n=dim(dat)[1]; p=dim(dat)[2]
  mx=colMeans(dat)
  s=var(dat)
  T2=n*mahalanobis(mx,mu,s)
  Fcal=T2*(n-p)/((n-1)*p)
  pval=1-pf(Fcal,p,(n-p))
calculos=data.frame(T2=T2,Fcal=Fcal,glNum=p,glDen=n-p,Pval=pval)
list(Prueba=calculos)
}


M.Box=function(dat)
{n=dim(dat)[1]
 q=dim(dat)[2]; p=q-1
 y=dat[,q]
 r=table(y)
 g=NROW(r)
 datg=list(); Sg=list()
 SS=matrix(0,p,p)
 m2=0
for(i in 1:g)
  {datg[[i]]=dat[y==i,-q]
     Sg[[i]]=var(datg[[i]])
     m2=m2+(r[i]-1)*log(det(Sg[[i]]))
   SS=SS+(r[i]-1)*Sg[[i]]
   }
Sp=SS/sum(r-1)
k=(p+1)*(g-1)
u1=sum(1/(r-1))-1/sum(r-1)
u2=(2*p^2+3*p-1)/(6*k)
u=u1*u2
m1=sum(r-1)*log(det(Sp))
M=m1-m2
C=(1-u)*M
 v=p*k/2
 pvalue=1-pchisq(C,v)
 calculos=data.frame(M,C,gl=v,pvalue)
list(pooled=Sp,Prueba=calculos)

}
```

```
Hip.2vm=function(dat1,dat2)
{ n1=dim(dat1)[1]; p=dim(dat1)[2]
  n2=dim(dat2)[1]

  mx1=colMeans(dat1); s1=var(dat1)
  mx2=colMeans(dat2); s2=var(dat2)
  sp=((n1-1)*s1+(n2-1)*s2)/(n1+n2-2)
  S=sp*(1/n1+1/n2)

  T2=mahalanobis(mx1,mx2,S)
  Fcal=T2*(n1+n2-p-1)/((n1+n2-2)*p)
  q=n1+n2-p-1
  pval=1-pf(Fcal,p,q)
  medias=rbind(mx1,mx2)
calculos=data.frame(T2=T2,Fcal=Fcal,glNum=p,glDen=q,Pval=pval)
list(Prueba=calculos)
}
```

<u>Tema 6</u>.- Aplicaciones del Análisis de Componentes Principales (ACP). Análisis del comportamiento de las empresas respecto a las variables: compensación, ventas, utilidades y empleos. Uso de software estadístico. Interpretación de los resultados.

empresa	X1	X2	X3	X4
1	450	4600.6	128.1	48000
2	387	9255.4	783.9	55900
3	368	1526.2	136.0	13783
4	277	1683.2	179.0	27765
5	676	2752.8	231.5	34000
6	454	2205.8	329.5	26500
7	507	2384.6	381.8	30800
8	496	2746.0	237.9	41000
9	487	1434.0	222.3	25900
10	383	470.6	63.7	8600
11	311	1508.0	149.5	21075
12	271	464.4	30.0	6874
13	524	9329.3	577.3	39000
14	498	2377.5	250.7	34300
15	343	1174.3	82.6	19405
16	354	409.3	61.5	3586
17	324	724.7	90.8	3905
18	225	578.9	63.3	4139
19	254	966.8	42.8	6255
20	208	591.0	48.5	10605
21	518	4933.1	310.6	65392
22	406	7613.2	491.6	89400
23	332	3457.4	228.0	55200
24	340	545.3	54.6	7800
25	698	22862.8	3011.3	337119
26	306	2361.0	203.0	52000
27	613	2614.1	201.0	50500
28	302	1013.2	121.3	18625
29	540	4560.3	194.6	97937
30	293	855.7	63.4	12300
31	528	4211.6	352.1	71800
32	456	5440.4	655.2	87700
33	417	1229.9	97.5	14600

X1: compensación ejecutiva (miles de dólares)

X2: ventas (millones de dólares)

X3: utilidades (millones de dólares)

X4: número de empleos

5.1) Cálculo de los autovalores de la matriz de correlaciones

5.2) Cálculo de los autovectores de la matriz de correlaciones

5.3) Cálculo de los componentes principales

5.4) Cálculo de la media y varianza de cada uno de los componentes principales

5.5) Diagrama de dispersión de los dos primeros componentes principales. Explicar el comportamiento de las empresas.

Tema 7.- Aplicaciones del Análisis Factorial (AF). Análisis de un estudio de satisfacción de clientes de una entidad bancaria. Uso de software estadístico. Interpretación de los resultados.

Un estudio, con el objetivo de conocer la calidad de servicio de las Agencias Hipotecarias fueron entrevistados 15 clientes que recientemente habían hecho su préstamo hipotecario y respondieron a las siguientes preguntas:

X1: Las agencias pequeñas cobran menos que las grandes
X2: Las agencias pequeñas cometen menos errores que las grandes
X3: Los representantes de las agencias no necesitan ser corteses
X4: Es importantes ser conocido por la Agencia Hipotecaria
X5: Si soy tratado mal en una Agencia Hipotecaria, debo cambiar a otra

Los entrevistados respondieron siguiendo una escala de 0 a 9, indicando su "desacuerdo" – "acuerdo". Los datos están en la siguiente tabla:

cliente	X1	X2	X3	X4	X5
1	0	3	0	7	7
2	5	3	7	3	2
3	9	9	4	9	9
4	7	7	9	0	0
5	3	0	1	6	6
6	6	1	4	5	2
7	5	4	3	6	3
8	1	3	1	7	7
9	5	5	9	1	1
10	7	1	5	4	2
11	8	7	3	9	9
12	3	0	2	6	4
13	3	2	8	2	1
14	7	8	2	8	8
15	0	2	0	7	8

6.1) Calcular la matriz de varianzas-covarianzas

6.2) Calcular la matriz de correlaciones

6.3) Calcular los valores propios de la matriz de correlaciones

6.4) Calcular la matriz de vectores propios de la matriz de correlaciones

6.5) Estandarizar la matriz de datos

6.6) Mediante una multiplicación de matrices, calcular la matriz de componentes principales

6.7) Mediante el análisis de los valores propios, calcular la varianza acumulada de los componentes principales.

6.8) Determinar el número de componentes adecuado para representar la matriz de datos

6.9) Hacer un gráfico de dispersión de los dos primeros componentes principales

6.10) Discutir los resultados

<u>Tema 8</u>.- Aplicaciones del Análisis de Correlación Canónica (ACC). Análisis de efectividad de vendedores mediante el estudio de asociación de variables de ventas y variables de aptitud del vendedor. Uso de software estadístico. Interpretación de los resultados.

Una empresa ha seleccionado una muestra aleatoria de 50 personas de ventas y ha evaluado a cada uno de ellos en 3 medidas de efectividad en las ventas y en 4 medidas de habilidad académica del personal. Los datos son los siguientes:

vendedor	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
1	93.0	96.0	97.8	9	12	9	20
2	88.8	91.8	96.8	7	10	10	15
3	95.0	100.3	99.0	8	12	9	26
4	101.3	103.8	106.8	13	14	12	29
5	102.0	107.8	103.0	10	15	12	32
6	95.8	97.5	99.3	10	14	11	21
7	95.5	99.5	99.0	9	12	9	25
8	110.8	122.0	115.3	18	20	15	51
9	102.8	108.3	103.8	10	17	13	31
10	106.8	120.5	102.0	14	18	11	39
11	103.3	109.8	104.0	12	17	12	32
12	99.5	111.8	100.3	10	18	8	31
13	103.5	112.5	107.0	16	17	11	34
14	99.5	105.5	102.3	8	10	11	34
15	100.0	107.0	102.8	13	10	8	34
16	81.5	93.5	95.0	7	9	5	16
17	101.3	105.3	102.8	11	12	11	32
18	103.3	110.8	103.5	11	14	11	35
19	95.3	104.3	103.0	5	14	13	30
20	99.5	105.3	106.3	17	17	11	27
21	88.5	95.3	95.8	10	12	7	15
22	99.3	115.0	104.3	5	11	11	42
23	87.5	92.5	95.8	9	9	7	16
24	105.3	114.0	105.3	12	15	12	37
25	107.0	121.0	109.0	16	19	12	39
26	93.3	102.0	97.8	10	15	7	23
27	106.8	118.0	107.3	14	16	12	39
28	106.8	120.0	104.8	10	16	11	49
29	92.3	90.8	99.8	8	10	13	17

30	106.3	121.0	104.5	9	17	11	44
31	106.0	119.5	110.5	18	15	10	43
32	88.3	92.8	96.8	13	11	8	10
33	96.0	103.3	100.5	7	15	11	27
34	94.3	94.5	99.0	10	12	11	19
35	106.5	121.5	110.5	18	17	10	42
36	106.5	115.5	107.0	8	13	14	47
37	92.0	99.5	103.5	18	16	8	18
38	102.0	99.8	103.3	13	12	14	28
39	108.3	122.3	108.5	15	19	12	41
40	106.8	119.0	106.8	14	20	12	37
41	102.5	109.3	103.8	9	17	13	32
42	92.5	102.5	99.3	13	15	6	23
43	102.8	113.8	106.8	17	20	10	32
44	83.3	87.3	96.3	1	5	9	15
45	94.8	101.8	99.8	7	16	11	24
46	103.5	112.0	110.8	18	13	12	37
47	89.5	96.0	97.3	7	15	11	14
48	84.3	89.8	94.3	8	8	8	9
49	104.3	109.5	106.5	14	12	12	36
50	106.0	118.5	105.0	12	16	11	39

X1: índice de crecimiento en las ventas

X2: índice de utilidad en las ventas

X3: índice de nuevas cuentas en las ventas

X4: puntaje en la prueba de creatividad

X5: puntaje en la prueba de razonamiento mecánico

X6: puntaje en la prueba de razonamiento abstracto

X7: puntaje en la prueba de matemáticas

7.1) Calcular la matriz de covarianzas de las variables de ventas del vendedor

7.2) Calcular la matriz de covarianzas de las variables de aptitud del vendedor

7.3) Calcular la matriz de correlaciones de las variables de ventas del vendedor

7.4) Calcular la matriz de correlaciones de las variables de aptitud del vendedor

7.5) Calcular la matriz de covarianzas entre las variables de ventas y las variables de aptitud del vendedor

7.6) Calcular los dos primeros pares de variables canónicas

7.7) Representar gráficamente los dos primeros pares de variables canónicas

7.8) Calcular la correlación entre las variables canónicas y las variables canónicas

<u>Tema 9</u>.- Aplicaciones del Análisis Discriminante (AD). Análisis de clasificación de nuevos clientes de una empresa. Análisis de admisión de estudiantes a una Escuela Graduada de Negocios. Uso de software estadístico. Interpretación de los resultados.

Para probar la diferencia de matrices de varianzas-covarianzas, se usa la prueba M de Box

DOS CONJUNTOS DE DATOS

```
mbox=function(dat1,dat2)
{n1=dim(dat1)[1]; p=dim(dat1)[2]
 n2=dim(dat2)[1]; g=2  #g:grupos
 gl1=n1-1; gl2=n2-1
 u1=1/gl1+1/gl2
 u2=1/(gl1+gl2)
 u3=(2*p^2+3*p-1)/(6*(p+1)*(g-1))
 u=(u1-u2)*u3
 s1=var(dat1); s2=var(dat2)
 sp=(gl1*s1+gl2*s2)/(gl1+gl2)
 m1=(gl1+gl2)*log(det(sp))
 m2=gl1*log(det(s1))+gl2*log(det(s2))
 M=m1-m2
 C=(1-u)*M; v=p*(p+1)*(g-1)/2; gl=v
 pvalue=1-pchisq(C,v)
 calculos=cbind(M,C,gl,pvalue)
list(pooled=sp,Prueba=calculos)
}
```

TRES CONJUNTOS DE DATOS

```
MBox=function(dat1,dat2,dat3)
{n1=dim(dat1)[1]; p=dim(dat1)[2]
 n2=dim(dat2)[1]; g=3  #g:grupos
 n3=dim(dat3)[1]
 gl1=n1-1; gl2=n2-1; gl3=n3-1
 u1=1/gl1+1/gl2+1/gl3
 u2=1/(gl1+gl2+gl3)
 u3=(2*p^2+3*p-1)/(6*(p+1)*(g-1))
 u=(u1-u2)*u3
 s1=var(dat1); s2=var(dat2); s3=var(dat3)
 sp=(gl1*s1+gl2*s2+gl3*s3)/(gl1+gl2+gl3)
 m1=(gl1+gl2+gl3)*log(det(sp))
 m2=gl1*log(det(s1))+gl2*log(det(s2))+gl3*log(det(s3))
 M=m1-m2
 C=(1-u)*M; v=p*(p+1)*(g-1)/2; gl=v
 pvalue=1-pchisq(C,v)
 calculos=cbind(M,C,gl,pvalue)
list(pooled=sp,Prueba=calculos)
}
```

Un estudio para analizar la admisión de estudiantes a una Escuela Graduada de Negocios está basado en el análisis de dos variables

X1: GPA
X2: GMAT

Admitidos			No admitidos			En espera		
aplicante	X1	X2	aplicante	X1	X2	aplicante	X1	X2
1	2.96	596	32	2.54	446	60	2.86	494
2	3.14	473	33	2.43	425	61	2.85	496
3	3.22	482	34	2.20	474	62	3.14	419
4	3.29	527	35	2.36	531	63	3.28	371
5	3.69	505	36	2.57	542	64	2.89	447
6	3.46	693	37	2.35	406	65	3.15	313
7	3.03	626	38	2.51	412	66	3.50	402
8	3.19	663	39	2.51	458	67	2.89	485
9	3.63	447	40	2.36	399	68	2.80	444
10	3.59	588	41	2.36	482	69	3.13	416
11	3.30	563	42	2.66	420	70	3.01	471
12	3.40	553	43	2.68	414	71	2.79	490
13	3.50	572	44	2.48	533	72	2.89	431
14	3.78	591	45	2.46	509	73	2.91	446
15	3.44	692	46	2.63	504	74	2.75	546
16	3.48	528	47	2.44	336	75	2.73	467
17	3.47	552	48	2.13	408	76	3.12	463
18	3.35	520	49	2.41	469	77	3.08	440
19	3.39	543	50	2.55	538	78	3.03	419
20	3.28	523	51	2.31	505	79	3.00	509
21	3.21	530	52	2.41	489	80	3.03	438
22	3.58	564	53	2.19	411	81	3.05	399
23	3.33	565	54	2.35	321	82	2.85	483
24	3.40	431	55	2.60	394	83	3.01	453
25	3.38	605	56	2.55	528	84	3.03	414
26	3.26	664	57	2.72	399	85	3.04	446
27	3.60	609	58	2.85	381			
28	3.37	559	59	2.90	384			
29	3.80	521						
30	3.76	646						
31	3.24	467						

8.1) ¿Existe homogeneidad de matrices de covarianzas entre estudiantes “admitidos” y “no admitidos”?

8.2) ¿Existe homogeneidad de matrices de covarianzas entre estudiantes “admitidos” y “en espera”?

8.3) ¿Existe homogeneidad de matrices de covarianzas entre estudiantes “no admitidos” y “en espera”?

8.4) ¿Existe homogeneidad de matrices de covarianzas entre estudiantes “admitidos”, “no admitidos” y “en espera”?

8.5) Calcular la función discriminante para clasificar estudiantes “admitidos” y “no adminitidos”

8.6) Calcular la función discriminante para clasificar estudiantes “admitidos”, “no admitidos” y “en espera”

<u>Tema 10</u>.- Aplicaciones del Análisis de Conglomerados (AC). Análisis de diseño de un plan de incentivos para vendedores, considerando las dificultades de las distintas zonas de ventas. Uso de software estadístico. Interpretación de los resultados.

El director de ventas de una cadena de tiendas de electrodomésticos está estudiando el plan de incentivos para sus vendedores. Considera que los incentivos deben estar ajustados a las dificultades de las diferentes zonas de ventas, siendo necesario fijar incentivos más altos en aquellas zonas de ventas en que las condiciones de vida de sus habitantes hacen más difícil las ventas. Por este motivo quiere determinar si las zonas de ventas se pueden segmentar en grupos homogéneos respecto al equipamiento de los hogares.

zonas	X1	X2	X3	X4	X5	X6
1	69.0	97.6	62.4	32.3	17.0	85.2
2	66.7	98.0	62.7	24.1	12.7	74.7
3	67.2	97.5	56.8	43.4	20.6	88.4
4	63.7	95.2	52.1	24.4	13.3	88.1
5	71.9	98.8	62.4	29.8	10.1	87.9
6	72.7	96.8	68.4	27.9	5.8	75.4
7	63.4	94.9	48.9	36.5	11.2	80.5
8	65.8	97.1	47.7	28.1	14.0	85.0
9	61.5	97.3	53.6	21.7	7.1	72.9
10	70.4	98.1	71.1	36.8	19.8	92.2
11	72.7	98.4	68.2	26.6	12.1	84.4
12	60.5	97.7	43.7	20.7	11.7	67.1
13	65.5	91.3	42.7	13.5	14.6	85.9
14	74.0	99.4	76.3	53.9	32.3	95.7
15	69.0	98.7	59.3	19.5	12.1	81.4
16	76.4	99.3	60.6	44.0	20.6	87.4
17	71.3	98.3	61.6	45.7	23.7	94.3
18	64.9	98.6	54.4	44.4	17.6	83.4

X1: porcentaje de hogares que poseen auto

X2: porcentaje de hogares que poseen cable TV

X3: porcentaje de hogares que poseen video

X4: porcentaje de hogares que poseen microondas

X5: porcentaje de hogares que poseen lavaplatos

X6: porcentaje de hogares que poseen teléfono

9.1) Calcular la distancia euclidiana desde la zona 1 hacia las demás

9.2) Calcular la distancia de mahalanobis desde la zona 1 hacia las demás

9.3) Calcular la matriz de distancias euclidianas entre todas las zonas

9.4) Calcular la distancia de mahalanobis desde la zona 1 hacia las demás

9.5) Hacer un dendograma de las zonas, mediante el método enlace simple. ¿Cuántos grupos se formaron?

9.6) Hacer un dendograma de las zonas, mediante el método enlace completo. ¿Cuántos grupos se formaron?

9.7) Hacer un dendograma de las zonas, mediante el método enlace promedio. ¿Cuántos grupos se formaron?

9.8) Hacer un dendograma de las zonas, mediante el método enlace de Ward. ¿Cuántos grupos se formaron?

REFERENCIAS

Ezequiel Uriel y Joaquín Aldás (2005) Análisis Multivariante Aplicado: Aplicaciones al Marketing, Investigación de Mercados, Economía y Dirección de Empresas y Turismo. Thomson

Richard A. Johnson and Dean W. Wichern (2007). *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Sixth edition. Pearson, Prentice Hall.

Ezequiel Uriel Jimenez y Joaquin Aldas Manzano (2005). *Análisis Multivariante Aplicado*. Thomsom Paraninfo, S.A.

Mardia, K.V., Kent, J.T. and Bibby, J.M. (2003). *Multivariate Analysis* (paperback). London: Academic Press.

Srivastava, M.S. (2002). Methods of Multivariate Statistics. New York: John Wiley.