

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

DEPARTAMENTO DE ESTADÍSTICA



BIPLOT DINÁMICO

JAIME FERMÍN EGIDO MIGUÉLEZ

2015

BIPLOT DINÁMICO

Memoria que para optar al Grado de Doctor,
por el Departamento de Estadística de la
Universidad de Salamanca, presenta:

Jaime Fermín Egido Miguélez

Salamanca

2015



**VNiVERSiDAD
D SALAMANCA**

DEPARTAMENTO DE ESTADÍSTICA

M^a PURIFICACIÓN GALINDO VILLARDÓN

*Profesora del Área de Estadística e Investigación Operativa de la
Universidad de Salamanca*

CERTIFICA: Que **D. Jaime Fermín Egido Miguélez**, Licenciado en Ciencias Económicas y Empresariales y Licenciado en Economía, ha realizado en el Departamento de Estadística de la Universidad de Salamanca, bajo su dirección, el trabajo que para optar al Grado de Doctor, presenta con el título: “*Biplot Dinámico*”; y para que conste, firma el presente certificado en Salamanca, en enero de 2015.

Esta declaración que aquí hago bien sé que no ha de servir a hacerme considerable en el mundo; mas no tengo ninguna gana de serlo y siempre me consideraré más obligado con los que me hagan la merced de ayudarme a gozar de mis ocios, sin tropiezo, que con los que me ofrezcan los más honrosos empleos del mundo.

René Descartes

El discurso del método

*A mis padres...
treinta años después.*

*A Carmen...
y a Daniel y Cristina.*

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Purificación Galindo, *alma máter* del Departamento de Estadística, directora de este trabajo, por sus enseñanzas y por la confianza que ha depositado en mí a lo largo de estos años, y que espero que perdure.

A mis compañeros del Departamento de Estadística por la ayuda prestada, alguno de forma directa para la consecución de este proyecto y, todos, para la realización de la actividad que me ha sido encomendada dentro de él.

A mis compañeros de doctorado, por los momentos que compartimos y los lances que superamos juntos.

A todas las personas, muchas de ellas anónimas, que sin saberlo me hicieron afrontar este reto.

Gracias a todos por vuestra amistad.

Tabla de contenido

Lista de figuras.....	V
Lista de tablas.....	IX
Introducción.....	1
Capítulo 1. Revisión de los métodos Biplot en el ámbito de la economía.....	11
1.1. Los métodos Biplot.....	11
1.2. Propiedades de los métodos biplot.....	16
1.2.1. Propiedades para los marcadores columna (variables).....	18
1.2.2. Propiedades para los marcadores fila (individuos).....	19
1.3. Interpretación de los gráficos biplot.....	20
Capítulo 2. Biplot dinámico.....	27
2.1. Planteamiento.....	27
2.2. Primer paso: análisis Biplot de la referencia.....	29
2.3. Segundo paso: proyección de elementos en el Biplot.....	31
2.3.1. Representación de variables en el Biplot de referencia.....	31
2.3.2. Representación de individuos en el Biplot de referencia.....	32
2.3.3. Trayectorias.....	33
2.3.4. Redimensionamiento de coordenadas.....	37
2.4. Propiedades del Biplot Dinámico.....	40
2.4.1. Propiedades para los marcadores columna (variables).....	41
2.4.2. Propiedades para los marcadores fila (individuos).....	45
Capítulo 3. Ejemplo ilustrativo.....	49
3.1. Planteamiento.....	49
3.2. Estudio univariante.....	50
3.3. Estudio multivariante.....	54
3.3.1. Análisis de Componentes Principales (PCA).....	55
3.3.2. Representación Biplot.....	57
3.3.3. Análisis de 3 vías con el método Tucker3.....	61
3.4. Biplot Dinámico.....	66
Capítulo 4. Programa dynBiplot.....	79
4.1. Justificación del programa.....	79
4.1.1. Especificación de requisitos.....	79

II

4.1.2. Valoración de alternativas	80
4.2. Características y Funcionalidades de dynBiplot.....	83
4.2.1. Cumplimiento de requisitos.....	83
4.2.2. Funcionalidades.....	85
4.3. Esquema del programa.....	91
4.4. Interfaz de usuario	93
4.4.1. Panel de carga de datos	95
4.4.2. Panel de formato de datos.....	98
4.4.3. Panel de selección de filas y columnas	100
4.4.4. Panel de opciones de análisis.....	101
4.4.5. Sistema de datos	104
4.5. Comunicación de resultados.....	106
4.6. El Paquete dynBiplotGUI	110
4.7. Reflexiones sobre el desarrollo.....	111
Capítulo 5. Índice de Libertad Económica	117
5.1. Introducción.....	117
5.2. La libertad económica	121
5.3. El Índice de Libertad Económica	124
5.3.1. Estado de derecho	127
5.3.2. Gobierno limitado.....	128
5.3.3. Eficacia reguladora	128
5.3.4. Apertura de los mercados.....	129
5.4. Materiales y métodos.....	130
5.4.1. Adaptación del fichero de índices de 2014	132
5.4.2. Adaptación del fichero de índices de todos los periodos	133
5.5. Análisis del Índice de Libertad Económica en 2014	137
5.5.1. Análisis de las variables económicas	138
5.5.2. Análisis de los índices de libertad económica con las variables económicas	140
5.6. Biplot Dinámico del Índice de Libertad Económica	142
5.6.1. Paso 1 del Biplot Dinámico: análisis estático	142
5.6.2. Paso 2 del Biplot Dinámico: análisis dinámico	146
5.7. Evolución de la libertad económica por regiones: comparativa de técnicas.....	152
5.7.1. Análisis independiente de cada situación.....	153

5.7.2. Análisis de datos yuxtapuestos	156
5.7.3. Análisis del cubo de datos mediante Biplot Dinámico.....	159
5.8. Caracterización de los países con mejor y peor puntuación en el Índice de Libertad Económica.	164
5.9. Regiones con mayor Índice de Libertad Económica.....	167
5.9.1. El índice de Libertad Económica en América	167
5.9.2. El índice de Libertad Económica en la Unión Europea	180
5.10. Deliberaciones sobre el Índice de Libertad Económica.....	200
Conclusiones.....	207
Bibliografía	211
Anexo 1. Nomenclatura	227
Anexo 2. Código fuente de dynBiplot	229
Anexo 3. Ayuda del programa dynBiplot	253
Anexo 4. Códigos de países, según norma ISO 3166-1	261
Anexo 5. Publicaciones del autor.....	267
Estudio de la Evolución del Índice de Libertad Económica en Argentina usando Biplot Dinámico.....	267
Anexo 6: Análisis complementarios.....	275
Análisis descriptivo del Índice de Libertad Económica	275
Caracterización de los países con mejor y peor puntuación en el Índice de Libertad Económica	282
1. Características de la lista top-25	283
2. Características de la lista down-25.....	289

Lista de figuras

Figura 1-1: Ejemplo para interpretación de un gráfico biplot.....	21
Figura 2-1: Cubo de datos	29
Figura 2-2: Ejemplo Biplot en la situación de referencia t	30
Figura 2-3: Matriz de situaciones para la variable y_j	34
Figura 2-4: Trayectoria de variable en un Biplot Dinámico	35
Figura 2-5: Matriz de situaciones para el individuo y_i	35
Figura 2-6: Trayectoria de individuo en un Biplot Dinámico.....	36
Figura 2-7: Ejemplo de Biplot Dinámico con trayectorias sin redimensionar (a) y redimensionadas (b).....	37
Figura 3-1: Producción de energía eléctrica en el periodo 2006-2010. H=hidráulica, NCF=nuclear+carbón+fuel/gas, Cc=ciclo combinado, RE=régimen especial.	51
Figura 3-2: Producción eléctrica de las comunidades de Valencia y Castilla y León	52
Figura 3-3: Comparación de producción eléctrica con el gráfico en la misma escala.....	53
Figura 3-4: Producción eléctrica en las diferentes CCAA.....	53
Figura 3-5: Producción eléctrica Nuclear+Carbón+Fuel/Gas y Régimen especial	54
Figura 3-6: Análisis de Componentes Principales del conjunto de datos	56
Figura 3-7: HJ-Biplot de todos los datos yuxtapuestos	58
Figura 3-8: Trayectorias en HJ-Biplot con todos los datos.....	59
Figura 3-9: Valores de ajuste.....	63
Figura 3-10: Modo B, entidad fuentes de producción de energía	64
Figura 3-11: Componente 1 del Modo B, con las entidades Ax C proyectadas.....	65
Figura 3-12: Trayectorias de las entidades A y C, con proyección de entidades B.....	65
Figura 3-13: Biplot Dinámico, paso 1, análisis de la situación de referencia 2010.....	67
Figura 3-14: Análisis biplot de los diferentes periodos, de 2009 a 2006.....	69
Figura 3-15: Biplot Dinámico, paso 2, con todos los elementos.....	71
Figura 3-16: Trayectorias en Biplot Dinámico	72
Figura 3-17: Trayectorias resaltadas de individuos.....	73

VI

Figura 4-1: Esquema del programa dynBiplot.....	92
Figura 4-2: Ventana inicial del programa dynBiplot.....	94
Figura 4-3: Panel de Carga de datos	96
Figura 4-4: Panel de Formato.....	98
Figura 4-5: Panel de selección de filas y columnas	100
Figura 4-6: Panel de opciones para el análisis de una matriz	102
Figura 4-7: Panel de opciones para un cubo de datos	103
Figura 4-8: Representación gráfica de Biplot Dinámico	107
Figura 4-9: Ejemplo de zoom sobre el gráfico.....	108
Figura 4-10: Ventana de resultados	109
Figura 5-1: Portada de la 6ª edición de la Riqueza de las Naciones (Smith 1801).....	125
Figura 5-2: Diagramas de caja de los Índices de Libertad Económica, año 2014.....	137
Figura 5-3: Análisis HJ-Biplot de variables económicas, datos centrados y escalados, año 2014	139
Figura 5-4: Índices de libertad (trazo continuo) vs Variables económicas (trazo discontinuo)	140
Figura 5-5: Etapa1: Análisis estático de los índices de libertad económica del año 2014.....	143
Figura 5-6: Detalle de los marcadores de los países en 2013	145
Figura 5-7: Etapa2: Análisis dinámico, vista general de la trayectoria de los índices de libertad económica de todos los periodos, referencia año 2014.....	146
Figura 5-8: Etapa2: Análisis dinámico, vista general de la trayectoria de los índices de libertad económica. Las trayectorias terminan en la situación de referencia, año 2014.	148
Figura 5-9: Trayectorias de: (a) Índice de Libertad Económica; (b) control de Gasto público.....	150
Figura 5-10: Trayectorias de los índices de: (a) Libertad de inversión y Libertad financiera; (b) Libertad empresarial.....	151
Figura 5-11: Trayectorias de los índices de: Derechos de propiedad y Libertad frente a la corrupción	152
Figura 5-12: Gráficos biplot de todas las situaciones.....	155
Figura 5-13: Análisis HJ-Biplot de la matriz yuxtapuesta. La etiqueta está situada en el primer periodo.....	157
Figura 5-14: Análisis estático por regiones	160
Figura 5-15: Análisis dinámico, trayectorias de las áreas de libertad	161

Figura 5-16: Análisis dinámico, trayectorias de las regiones geográficas, con referencia año 2014	163
Figura 5-17: Diagrama de cajas de los índices de libertad económica de América	169
Figura 5-18: Gráfico HJ-Biplot, centrado y escalado, de los índices de libertad económica y variables económicas en el continente americano.....	171
Figura 5-19: Resultados del Paso 1 – Análisis HJ-Biplot estático de los índices de libertad económica de los países del continente americano, año 2014.	173
Figura 5-20: Paso 2 del Biplot Dinámico: Trayectoria de los índices de libertad económica en el continente americano; terminan en el año de referencia, 2014.....	176
Figura 5-21: Paso 2 del Biplot Dinámico: Trayectoria de países del continente americano; terminan en el año de referencia, 2014.....	177
Figura 5-22: Ampliación para observar las trayectorias de los tres países con peor puntuación en el Índice de Libertad Económica del continente americano, año 2014.....	178
Figura 5-23: Boxplot de los índices de libertad económica, de la zona euro (a) y no euro (b).....	182
Figura 5-24: Gráfico HJ-Biplot, centrado y escalado, de los índices de libertad económica y variables económicas de los países. Se distingue entre países de la zona euro (■) y de la zona no euro (●).	184
Figura 5-25: Resultados del Paso 1 – Análisis HJ-Biplot estático de los índices de libertad económica, año 2014. Se distingue entre países de la zona euro (■) y de la zona no euro (●).....	187
Figura 5-26: Paso 2 del Biplot Dinámico: Trayectoria de los índices de libertad económica en la Unión Europea; terminan en el año de referencia, 2014.	190
Figura 5-27: Ampliación para observar mejor las trayectorias de las variables en la Unión Europea; cada trayectoria termina en el año de referencia 2014.	191
Figura 5-28: Paso 2 del Biplot Dinámico: Trayectoria de países de la Unión Europea; terminan en el año de referencia, 2014.	192
Figura 5-29: Ampliación para observar mejor las trayectorias de los países; cada trayectoria termina en el año de referencia 2014.....	193
Figura 5-30: Plano 2-3 para el análisis de España	195
Figura 5-31: Trayectorias de los países de la UE que han tenido dificultades económicas.....	196
Figura 6-1: Diagramas de caja de los Índices de Libertad Económica, año 2014.....	275
Figura 6-2: Diagrama de cajas para el Índice de Libertad Económica del año 2014, por regiones	277
Figura 6-3: Estado de Derecho: Derechos de propiedad (a) y Libertad frente a la corrupción (b)	278

VIII

Figura 6-4: Gobierno limitado: Libertad fiscal (a) y Gasto público (b)	279
Figura 6-5: Eficacia reguladora: Libertad monetaria (a), Libertad empresarial (b)	279
Figura 6-6: Eficacia reguladora: Libertad laboral (a). Apertura de los mercados: Libertad comercial (b).....	280
Figura 6-7: Apertura de los mercados: Libertad de inversión (a) y Libertad financiera (b)	280
Figura 6-8: Índices de libertad por regiones: Europa (a), Asia (b), África (c), América (d).....	281
Figura 6-9: Análisis estático de los 25 países con mejor puntuación. Referencia 2014.	284
Figura 6-10: Trayectorias de los índices de la lista de los 25 mejores países. Referencia 2014 ...	286
Figura 6-11: Trayectorias de los 25 mejores países. Referencia 2014	288
Figura 6-12: Detalle de trayectorias de países	289
Figura 6-13: Análisis estático de los 25 países con peor puntuación en el Índice de Libertad Económica del año 2014.....	290
Figura 6-14: Análisis de la lista de los 25 países con menor puntuación en el índice: plano 2-3, referencia año 2014.	292
Figura 6-15: Trayectorias de los índices de la lista de los 25 peores países, plano 2-3. Referencia 2014.....	294
Figura 6-16: Trayectorias de los países de la lista de los 25 peores, plano 2-3, referencia año 2014.	295

Lista de tablas

Tabla 2-1: Factor de redimensión de las trayectorias.....	39
Tabla 3-1: Cubo de datos. Individuos: A=Andalucía, Ar=Aragón, As=Asturias. Variables: H=Hidráulica, NCF=Nuclear+Carbón+Fuel/Gas, Cc=Ciclo combinado, RE=Régimen Espacial.....	50
Tabla 3-2: Contribuciones del factor al elemento, filas.....	60
Tabla 3-3: Contribuciones del factor al elemento, columnas.....	60
Tabla 3-4: Resumen de valores propios de análisis PCA de los modos A, B y C.....	62
Tabla 3-5: Porcentajes de ajuste explicados por cada combinación de componentes	62
Tabla 3-6: Valores de los componentes de los Modos A, B y C.....	63
Tabla 3-7: Valores de los componentes del arreglo central.....	64
Tabla 3-8: Contribuciones del factor al elemento, columnas.....	67
Tabla 3-9: Contribuciones del factor al elemento, filas.....	67
Tabla 3-10: Inercia acumulada en el plano 1-2 en cada periodo.....	70
Tabla 3-11: Coeficientes R^2 de las regresiones realizadas.....	74
Tabla 3-12: Estadístico F del ANOVA de las regresiones y sus p-valor.....	74
Tabla 5-1: Variables del fichero de índices 2014.....	134
Tabla 5-2: Variables del fichero total de los índices de libertad económica.....	136
Tabla 5-3: Inercia de las variables de los índices de libertad en los cuatro primeros ejes	144
Tabla 5-4: Coeficientes de determinación de las variables, en el plano 1-2.	147
Tabla 5-5: Coeficientes de determinación de las variables, en el plano 1-2.	149
Tabla 5-6: Inercia acumulada en el plano 1-2 para cada una de las situaciones	154
Tabla 5-7: Inercia de las variables	157
Tabla 5-8: Contribuciones relativas de los elementos.....	159
Tabla 5-9: Lista de países top-25 y down-25 en libertad económica	165
Tabla 5-10: Características de los países con mejor y peor puntuación en el Índice de Libertad Económica	167
Tabla 5-11: Inercia de los índices, en los cuatro primeros ejes.....	174

X

Tabla 5-12: Inercia de los países del continente americano, en los cuatro primeros ejes	174
Tabla 5-13: Coeficientes de determinación de las variables.....	175
Tabla 5-14: Inercia de los índices, en los cuatro primeros ejes.....	188
Tabla 5-15: Inercia de los países de la UE, en los cuatro primeros ejes.....	188
Tabla 5-16: Coeficientes de determinación de las variables, en la Unión Europea.....	189
Tabla 6-1: Lista de países top-25 y down-25 en libertad económica	282
Tabla 6-2: Inercia de los índices en los cuatro primeros ejes	285
Tabla 6-3: Inercia de los 25 primeros países del ranking en los cuatro primeros ejes.....	285
Tabla 6-4: Coeficientes de determinación de las variables, en el plano 1-2.	287
Tabla 6-5: Inercia de los índices, en los cuatro primeros ejes	291
Tabla 6-6: Inercia de los 25 países con peor puntuación en el ranking de libertad económica, en los cuatro primeros ejes.....	291
Tabla 6-7: Coeficientes de determinación de las variables, plano 2-3	294

Introducción

Nos encontramos en una crisis económica profunda con alcance internacional y de larga duración, en la que los llamados países desarrollados no encuentran salida. Poco a poco la crisis financiera va haciendo mella en las economías de países de la Comunidad Europea, y en especial, de la zona euro, donde se llega a cuestionar la existencia de la propia moneda única, el euro. En países como Grecia, Irlanda, Portugal, España, Italia y recientemente Chipre, sus gobiernos tratan de imponer políticas económicas de contención del gasto para reducir la gran dependencia de la financiación exterior que tienen, pero estas políticas están contrayendo sus economías provocando la entrada en recesión y la disminución del bienestar social.

Adam Smith (1776) en su obra *La riqueza de las naciones* decía que el sistema económico es un sistema natural de perfecta libertad y justicia y que la clave del bienestar social está en el crecimiento económico, potenciado a través de la división del trabajo y la libre competencia.

Sala-i-Martín, (2000:216), basándose en estudios previos (Sala-i-Martin 1997), indica que “el crecimiento económico está positivamente correlacionado con (1) la estabilidad política y económica, (2) el grado de apertura de la economía al exterior, (3) el mantenimiento de la ley y de los derechos de propiedad, (4) la poca intervención pública..., (5) la inversión en capital humano, educación y salud, y (6) la inversión en capital físico y maquinaria”.

Para conseguir un desarrollo económico adecuado hace falta, además de la liberalización del comercio y de las inversiones, que existan políticas económicas orientadas al mercado, inversión en capital humano, ausencia de corrupción y una estructura institucional adecuada (Calvo Hornero 2001:122), siendo más vulnerables a la crisis aquellos países que no sigan estos principios.

La globalización es un efecto del desarrollo económico, donde el desarrollo tecnológico que afecta al transporte y a las comunicaciones disminuye las distancias entre los mercados; la liberalización de inversiones y la internacionalización de las empresas

facilitan el proceso. En una sociedad globalizada donde la información, las personas, los bienes, los capitales, fluyen a gran velocidad y las distancias se reducen, necesitamos estudiar y comprender los fundamentos que la gobiernan. Cada sociedad y/o país regula los mercados que quedan bajo su ámbito de actuación pero las sociedades están interrelacionadas existiendo una estrecha dependencia entre el sistema económico internacional y las organizaciones económicas internacionales asentando las normas que interactúan entre ambas estructuras (Calvo Hornero 2001).

Los organismos, públicos y privados, embebidos en la estructura, unas veces marcan las líneas de actuación por las que se rigen los diferentes mercados, otras fijan su posición influyendo en los mismos y otras, simplemente, analizan los comportamientos tratando de determinar las causas de tales conductas, y orientar sobre las medidas que pueden ser adoptadas para cambiarlos.

El objetivo de toda sociedad es incrementar el bienestar de los elementos que la componen procurando un crecimiento económico. Los modelos que han obtenido mejores resultados han sido los modelos basados en la libre competencia en los que las empresas tratan de ofertar sus productos en mejores condiciones que sus competidores para obtener los recursos suficientes que permitan retribuir al capital y al trabajo aportado, para poder dar continuidad a la producción (Morgan 2011). Pero su actividad está inmersa en un mundo intervenido y relacionado. Intervenido por las reglas y leyes que existen en los mercados. Parte de los recursos usados en la producción han de emplearse en pagar impuestos y seguros sociales; los trabajadores tienen que trabajar un determinado número de horas a la semana y han de contar con las medidas de protección y seguridad adecuadas, disfrutar vacaciones, etc. Relacionado porque está compuesto por sociedades con elementos productivos sujetos a las mismas normas, o no, e interaccionan con las de otros países. Existen tratados internacionales, globales y bilaterales, que regulan esta relación.

En la Carta de las Naciones Unidas¹ se engloba en el concepto de desarrollo el progreso económico y social, el nivel de vida, la cultura, la salud y la educación. En la última década del siglo pasado se incluyeron aspectos tales como el medio ambiente, el

¹ Creada en la Conferencia de San Francisco en 1945.

empleo, la integración social, los derechos humanos, las libertades políticas y la justicia social, hablando entonces de desarrollo sostenible, siendo un concepto aplicable tanto a los países en vías de desarrollo como a los países desarrollados, aunque no existe una única forma de conseguirlo, con el objetivo de alcanzar una mejora en la calidad de vida de los países.

Otros organismos económicos internacionales como el Banco Mundial (BM), creado en 1944, el Fondo Monetario Internacional (FMI), fundado en 1945, la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), establecida en 1961, y la Organización Mundial del Comercio (OMC), establecida en 1995, tienen entre sus objetivos el desarrollo económico, enfocando su actividad en aspectos especializados de su competencia.

Así, el Banco Mundial tiene como propósito “combatir la pobreza y apoyar el desarrollo” de los países más necesitados (BM 1944). El Fondo Monetario Internacional “busca fomentar la cooperación monetaria internacional, afianzar la estabilidad financiera, facilitar el comercio internacional, promover un empleo elevado y un crecimiento económico sostenible y reducir la pobreza en el mundo entero” (FMI 1945). La Organización de Cooperación y Desarrollo Económico tiene como misión “el promover políticas que mejoren el bienestar económico y social de las personas alrededor del mundo” (OCDE 1961). La Organización Mundial del Comercio manifiesta que “el propósito primordial del sistema es contribuir a que el comercio fluya con la mayor libertad posible,..., porque eso es importante para el desarrollo económico y el bienestar” social (OMC 1995).

El desarrollo económico necesita de la adopción de los principios de la economía de mercado y libertades. Los modelos socialistas han demostrado su ineficacia a lo largo del tiempo. Incluso economías como la China, considerada el gran bastión comunista, debe el fuerte crecimiento de las últimas décadas a la adopción de la economía de mercado en sus relaciones exteriores, donde realiza la venta de sus productos en los países capitalistas y se ha aprovechado de la tecnología desarrollada por ellos sin realizar la inversión necesaria para su desarrollo. El Banco Mundial, en conjunción con el Centro de Investigación para el Desarrollo del Consejo de Estado de China, en su informe titulado *China 2030: Building a Modern, Harmonious, and Creative High-Income* (Banco

Mundial 2012) exhorta al gigante asiático a modificar su modelo de crecimiento, completando su transición a una economía de mercado y abrir sus mercados a una mayor competencia e innovación.

Diversos estudios indican que la mejor forma de conseguir un crecimiento económico y obtener mayor bienestar social es implantando políticas que den a la economía fluidez (Holcombe and Gwartney 2010; Sen 2000).

Para estudiar la economía se utilizan multitud de indicadores generados por instituciones y organismos, tanto públicos como privados. Como ejemplo, el Banco Mundial maneja más de 7.000 indicadores, de libre acceso. Los índices tratan de reflejar y medir la realidad de una economía, permitiendo detectar las desviaciones de los objetivos marcados, el efecto de las medidas tomadas, o la comparación con otras economías, territorios o períodos.

El bienestar de una sociedad se puede medir con índices globalmente aceptados como el Producto Interior Bruto (PIB) o el índice de Bienestar Económico Sostenible (IBES) y existen otros índices como el Índice de Competitividad Global (GCI) elaborado por el World Economic Forum (WEF 1971), que tratan de medir los efectos de las políticas económicas que ponen en marcha los distintos gobiernos tanto en sus componentes estáticos como dinámicos (Schwab 2010).

Si existen índices para medir los diversos aspectos de la economía, no podía faltar el uso de indicadores para medir la libertad económica existente en los diversos países. El Instituto Fraser de Canadá (Fraser Institute 1974) coordina la Red de la Libertad Económica Mundial (Economic Freedom Network) que es un grupo de organizaciones independientes de más de 80 países dedicadas al estudio de políticas sociales y económicas, y que queda reflejado en su Informe Anual sobre la Libertad Económica del Mundo (Gwartney et al. 2012) manejando más de 500 variables.

La Fundación Heritage (heritage.org 2012) en colaboración con The Wall Street Journal (WSJ 2012) elabora anualmente, desde 1995 y siguiendo la teoría de Adam Smith, el Índice de Libertad Económica. Este índice crea 10 puntos de referencia para medir el éxito económico de 185 países, permitiendo comprobar que las teorías de prosperidad y libertad económica del siglo XVIII están vigentes en el siglo XXI.

El presente trabajo está dividido en dos partes claramente diferenciadas. La primera donde se fijan las aportaciones y fundamentos teóricos en los que basamos nuestro análisis y en el que incluimos un ejemplo ilustrativo. En la segunda parte aplicamos nuestras tesis a un conjunto de datos multivariantes: el Índice de Libertad Económica de la Fundación Heritage.

En el capítulo 1 damos una visión de los fundamentos de los métodos de análisis Biplot que pretenden mostrar de forma gráfica las relaciones existentes en un conjunto de datos multivariante, analizando las referencias bibliográficas en las que se han utilizado los métodos Biplot en el ámbito de la economía y la relación entre países.

En el capítulo 2 introduciremos el concepto de Biplot Dinámico, principal aportación de esta tesis, fijando los fundamentos teóricos en los que nos basamos. El análisis Biplot Dinámico tiene como objetivo la representación multivariante de datos con estructura de cubo. Mostraremos las diferencias existentes entre esta nueva forma de orientar los datos temporales y las anteriormente utilizadas.

Con objeto de dar claridad a las teorías expuestas, en el capítulo 3 desarrollamos un ejemplo ilustrativo con datos reales de producción eléctrica en España a los que aplicaremos algunas técnicas multivariantes, además del análisis Biplot Dinámico.

Si queremos que una teoría tenga visión de futuro necesitamos que dicha teoría pueda ser utilizada por otras personas. En el capítulo 4 explicamos el módulo de software desarrollado, dynBiplotGUI, para dar soporte a nuestros desarrollos. Se trata de un programa gráfico desarrollado para ser usado en R y permite ser utilizado por personas no necesariamente introducidas ni en los fundamentos teóricos del método ni en los lenguajes de programación.

Todo lo desarrollado anteriormente lo ponemos en práctica para analizar la evolución existente en el Índice de Libertad Económica elaborado por la Fundación Heritage. En el capítulo 5 realizamos el estudio estático y temporal de dicho índice.

Terminamos con unas conclusiones.

En el presente trabajo utilizaremos el sistema de referencias bibliográficas American Sociological Association.

Parte I - Desarrollo teórico

Capítulo 1. Revisión de los métodos Biplot en el ámbito de la economía

Capítulo 1. Revisión de los métodos Biplot en el ámbito de la economía

1.1. Los métodos Biplot

Para el tratamiento de datos multivariantes existen numerosas técnicas ampliamente estudiadas. Un conjunto de ellas son los métodos Biplot (Gabriel 1971) que son capaces de representar más de dos variables (Gabriel and Odoroff 1990) mediante una aproximación del espacio n -dimensional a otro de menor dimensión, generalmente dos, superponiendo la representación de los individuos sobre la representación de las variables (Gower and Hand 1996). Las variables las representamos generalmente con vectores donde la dirección se corresponde con la que mejor representa el cambio producido en cada variable.

El método más utilizado para obtener una aproximación a rango reducido de una matriz es el propuesto por (Eckart and Young 1939) y que se puede ver en (Gabriel 1971; Greenacre 1984; Householder and Young 1938) y otros autores. Un algoritmo para calcular la descomposición puede verse en (Golub and Reinsch 1970).

Dependiendo de la factorización realizada en la descomposición de bajo rango, de entre las infinitas posibles, de los marcadores de las filas y de las columnas, obtendremos diferentes propiedades. Los métodos biplots clásicos (Gabriel 1971) son los que su autor nombró como GH-Biplot, con alta calidad de representación para las columnas, y JK-Biplot, con alta calidad de representación para las filas. Galindo (1985, 1986) desarrolló el método HJ-Biplot que consigue obtener alta calidad de representación para las filas y para las columnas de forma simultánea. Estas factorizaciones han formado la base para desarrollo de múltiples enfoques. Con posterioridad se ha propuesto la adopción de una nueva nomenclatura para estos métodos biplots (Greenacre 1984), proponiendo llamar al método GH-Biplot como CMP-Biplot (Column Metric Preserving), al método JK-Biplot como RMP-Biplot (Row Metric Preserving) y al método HJ-Biplot como RCMP-Biplot (Row Column Metric Preserving) notación que aunque en su día fue aceptada por Gabriel,

los métodos se siguen conociendo con el nombre con que nacieron y así lo haremos nosotros en el presente trabajo.

Existen excelentes libros donde se explican los fundamentos teóricos de los métodos biplot, como *Biplots* (Gower and Hand 1996), *Biplots in practice* (Greenacre 2010), *Understanding biplots* (Gower, Lubbe, and Le Roux 2011), y a ellos remitimos al lector.

A lo largo del tiempo han surgido numerosas contribuciones sobre los métodos biplot que han permitido evolucionar la técnica bajo múltiples enfoques y ser aplicados a cualquier campo de las ciencias, como los biplots generalizados (Vicente Villardón 1992), los biplots de interpolación y predicción (Gower and Hand 1996), la generalización a varias matrices (Carlier and Kroonenberg 1996), Biplots Logísticos (Vicente Villardón, Galindo, and Blázquez 2006) para datos binarios. Un estudio detallado del desarrollo de los métodos biplot puede verse en Cárdenas *et al.* (2007).

En el estudio de datos económicos es frecuente encontrarse con variables medidas a lo largo de varias situaciones y para un conjunto de individuos determinados, como es el caso de variables referidas a países durante un determinado periodo de tiempo. Este tipo de datos tienen una estructura de 3-vías.

El tratamiento de un cubo de datos en la literatura se ha realizado de diferentes formas: concatenando las matrices (Escoufier 1973, 1980), comparando las componentes principales de los grupos (Krzanowski 1979, 1982), Lavit *et al.* (1988) proponen la diagonalización de una matriz, denominada 'objeto común', de la misma naturaleza de los grupos, Flury (1984) considerando distintos modelos de similitud entre las componentes.

Una de las tendencias más seguidas es la obtención de un subespacio consenso para todas las matrices, con diferentes soluciones como el STATIS y el STATIS Dual (L'Hermier des Plantes 1976; Lavit *et al.* 1988, 1994) para el mismo conjunto de individuos o variables respectivamente, el Análisis Factorial Múltiple - AFM (Pagès and Escoufier 1984) para mismos individuos en varios conjuntos de variables, Análisis Múltiple de Co-Inercia - MCOIA (Chessel and Hanafi 1996) cuando el número de individuos es menor que el número de variables, y Doble Análisis en Componentes Principales - DACP (Bouroche 1975; Dazy and Barzic 1996) para mismos individuos y mismas variables.

Los métodos STATIS, enfocados originariamente a datos ecológicos, han tenido numerosas contribuciones como el Análisis Triádico Parcial – PTA (Jaffrenou 1978) para las mismas variables medidas en las mismas observaciones, el método STATICO (Simier, Hanafi, and Chessel 1996) es un PTA en series de tablas de productos cruzados, STATIS externo – (K+1)-STATIS (Suazay et al. 2006) con un conjunto de datos externo, DISTATIS (Abdi et al. 2007) para matrices de distancias, STATIS-4 (Sabatier and Vivien 2008) para más de dos conjuntos de datos, Doble-STATIS (DO-ACT) (Vivien and Sune 2009) para (K+1)-STATIS con dos conjuntos de datos, COVSTATIS (Thioulouse 2011) para matrices de covarianzas, COSTATIS (Thioulouse 2011) es un análisis de co-inercia de los compromisos calculados por un análisis PTA, Power STATIS-ACT (Bâenassâeni and Bennani Dosse 2012) para establecer pesos a las matrices. Una revisión de los métodos STATIS puede verse en Abdi et al. (2012).

Otra forma de analizar datos de 3-vías son los modelos desarrollados por Tucker (1966) siendo el modelo Tucker3 el más popular (Kroonenberg and Leeuw 1980). Es un proceso interactivo que es llamado análisis de componentes principales de tres modos. Existen diversos estudios donde se realizan comparaciones entre los métodos de análisis de componentes principales de tres modos, STATIS y otros métodos para analizar datos de tres vías se pueden encontrar en los trabajos de Kiers (1988), Kroonenberg (1989, 1992), Juan et al. (1998), Stanimirova et al. (2004), Vivien y Sabatier (2004), Thioulouse (2011), Mechelen y Smilde (2011), y Kroonenberg y ten Berge (2011). El método CO-TUCKER (Mendes 2011) combina STATICO y Tucker3 para analizar una pareja de k -tablas.

El tratamiento de tablas múltiples con métodos biplots se ha hecho en Meta-Biplot (Martín-Rodríguez, Galindo-Villardón, and Vicente-Villardón 2002), Biplot Múltiple (Baccala 2004), Canonical STATIS - CANOSTATIS (Vallejo-Arboleda, Vicente-Villardón, and Galindo-Villardón 2007) que generaliza el análisis discriminante con el método STATIS, y más recientemente, Biplot Consenso (Pinzón Sarmiento and Vicente Villardón 2012; Pinzón Sarmiento 2011).

Revisaremos los trabajos referidos al tratamiento de variables económicas, generalmente cuantitativas, mediante métodos biplot y a aquellos que traten la evolución de los datos por lo general asociada al tiempo, que dan origen a datos de 3 vías.

Los métodos biplots se han utilizado menos en el ámbito de la economía que en otras áreas del conocimiento como la biología, la ecología o la genética. Habitualmente se aplica el método sobre una matriz de datos de dos vías en la que las variables económicas se sitúan en columnas y los individuos objeto de estudio se sitúan en filas.

Una búsqueda bibliográfica en las principales bases de datos que tratan estas materias (Worldcat, ABI/INFORM COMPLETE, BSC, EBSCO, EMERALD, JSTOR, NBER, REGIONAL BUSINESS NEWS, SCOPUS) no arroja muchas referencias. Hemos utilizado el término 'biplot' en conjunción de otros como 'económico', 'serie', 'series temporales', 'PIB', 'indicadores', 'dinámico', 'libertad', 'macro', 'micro', 'nación', 'país', tanto en español como en inglés, encontrando escasas referencias.

La utilización de los biplot clásicos en el ámbito de la economía es exigua, podemos verla en estudios de mercado en Wulandari *et al.* (2012) donde se utiliza para realizar un estudio de mercado para la segmentación de consumidores según sus preferencias ecológicas; en Bei y Cheng (2013) donde se utiliza el análisis biplot para estudiar el valor de la imagen de las marcas comerciales desde el punto de vista de los consumidores.

En el ámbito de la empresa se ha usado en Matos *et al.* (2012) para confirmar la metodología propuesta por los autores para la gestión del capital intelectual de una compañía. Greenacre (2012) realiza un análisis biplot con algunos datos económicos de los diversos países de la Comunidad Europea, como ejemplo ilustrativo del uso de la descomposición en valores singulares para el cálculo de los marcadores en el análisis biplot.

La primera utilización del análisis HJ-Biplot en un ámbito económico fue realizada en la tesis doctoral de Vicente Tavera (1992) donde se utiliza la información obtenida con esta técnica para realizar una clasificación jerárquica de conglomerados del índice de producción industrial de los diversos países de la Comunidad Económica Europea. Otros usos de la factorización HJ-Biplot para estudios de variables económicas la encontramos, en Vicente Tavera *et al.* (1993) donde se clasifican las provincias de la comunidad de Castilla y León según el tipo de superficie de sus cultivos; en Vicente Tavera y Ramajo Hernández (1995) se estudian los sectores económicos de las diversas comunidades autónomas; en Bachero Nebot *et al.* (2000) se examinan las diferencias de la comunidad autónoma de Asturias con las otras comunidades. En Achsani *et al.* (2010) siguiendo los

criterios del Tratado de Maastricht se clasifican las económicas de los países de la ASEAN¹ que formarán la comunidad ASEAN Economic Community (AEC) en el año 2020 y los tres países influyentes de la zona que podrían formar parte de dicha comunidad, Japón, Corea del Sur y China, utilizando los métodos biplot para observar las diferencias entre los periodos (1996-2001) y (2002-2006) que se corresponden con los momentos anterior y posterior de la crisis financiera habida en la zona, considerada como la primera gran crisis de la globalización; se analiza cada uno de los periodos mencionados realizando un biplot independiente. En Kim *et al.* (2013) se utiliza el método biplot para realizar un estudio de la imagen de marca o reputación de nueve países.

Queremos mencionar con párrafos independientes a los anteriores los estudios realizados sobre variables económicas que tengan más similitud con la problemática planteada en el presente trabajo, que es la de analizar datos de tres vías mediante el desarrollo del método Biplot Dinámico, combinando 1) datos temporales de variables económicas, 2) sobre la base del análisis HJ-Biplot, 3) aplicado a índices económicos comparativos de países.

En primer lugar, encontramos la utilización de los biplots clásicos empleados en series de tiempo en Gheva (1986) donde se estudian algunas características del sistema bancario de Israel, analizando los datos sobre una matriz de dos dimensiones; las trayectorias temporales las dibuja uniendo los marcadores fila resultantes de tratar esta matriz. En Ibarra (1997) se utilizan los biplot clásicos para analizar un conjunto de indicadores macroeconómicos de la economía de Venezuela durante el periodo 1985-1995, y en el que el enfoque que se le hace es situar los datos en una matriz de dos vías, sin efectuar trayectorias entre los puntos.

Los métodos biplot se han utilizado para analizar cambios sufridos por individuos o variables ocurridos en diferentes momentos del tiempo. Así lo vemos en Dorado *et al.* (1999), donde se analizan las estructuras y los patrones de cada uno de los periodos, analizando posteriormente de forma agregada el conjunto de datos, sin realizar trayectorias. En Martín-Rodríguez *et al.* (2002) se compara la productividad de los diferentes cultivos de las provincias de Castilla y León de cinco periodos diferentes; el

¹ ASEAN: Association of South East Asian Nation

método adoptado es analizar por separado cada uno de los periodos y posteriormente hacerlo de forma conjunta.

El método HJ-Biplot también ha sido utilizado en el ámbito de estudios económicos para comparaciones de situación de países, como podemos ver en Gallego-Alvarez *et al.* (2013) en el que se realiza una comparativa del Índice de Sostenibilidad Medioambiental (Environmental Performance Index - EPI) de 149 países. En García-Sánchez *et al.* (2013) se analiza la información mostrada en los portales de internet de 102 grandes ayuntamientos españoles para determinar el grado de divulgación y transparencia informativa que tienen dichas entidades locales públicas. En el libro de Bubnova (2000) se utiliza el análisis biplot de Gabriel (1971), entre otras técnicas, para examinar los efectos de la intervención gubernamental en los flujos de entrada de inversión, analizando las series de datos.

Otros métodos biplot usados en economía podemos verlos en Vicente Galindo *et al.* (2011) donde utiliza los biplots logísticos para analizar la capacidad para innovar de diferentes instituciones públicas y privadas portuguesas.

El término de biplot dinámico fue utilizado por Sparks *et al.* (1997) en *Multivariate Process Monitoring Using the Dynamic Biplot* para realizar procesos de control de calidad, si bien lo que hace es tratar una matriz de dos vías donde va añadiendo nuevas observaciones; las variaciones observadas en los sucesivos biplots que ejecuta las marca sobre el último realizado, analizando las diferencias existentes en correlación y dibujando la trayectoria de las últimas observaciones. También en procesos de control de calidad Maravelakis (2002) usa el análisis biplot, Aldrich *et al.* (2004) lo hace para la monitorización de procesos industriales, y Ashayeri y Degrève (2004) lo utilizan en procesos de control de calidad. En Gardner y Le Roux (2006) se analiza la evolución a lo largo del tiempo de la calidad de los productos, marcando una línea de tendencia y estableciendo umbrales. Ninguno de ellos utiliza el método HJ-Biplot.

1.2. Propiedades de los métodos biplot

Las propiedades más importantes de los métodos biplot clásicos y HJ-Biplot y su fundamentación teórica están desarrolladas en gran parte de las referencias citadas

anteriormente (Gabriel 1971; Galindo 1986; Gower and Hand 1996; Greenacre 2010) y a ellas nos remitimos. Dependiendo de la factorización elegida obtendremos unas propiedades para las variables y otras para los individuos. A continuación nos limitaremos a enumerar aquellas que tienen reflejo en las propiedades desarrolladas en el capítulo 2 sobre el Biplot Dinámico y que nos han servido de base para el desarrollo de las mismas, y como en él, nos referiremos conjuntamente a las propiedades que las factorizaciones GH-Biplot y HJ-Biplot aportan a las variables (columnas) y las que las factorizaciones JK-Biplot y HJ-Biplot dan a los individuos (filas). Como se puede observar, la factorización HJ-Biplot participa en ambos grupos de propiedades siendo éste el motivo que nos ha llevado a aconsejarla como base para la realización del Biplot Dinámico.

La diferencia fundamental entre los métodos clásicos y el HJ-Biplot es que los primeros son capaces de reconstruir los datos de la matriz a través del producto interno de los marcadores fila y columna. A cambio, el HJ-Biplot tiene la ventaja de mostrar simultáneamente tanto las filas como las columnas, con la máxima calidad de representación.

Consideramos que los datos están contenidos en una matriz de dos dimensiones donde las filas representan los individuos objeto de nuestro estudio y las columnas de la matriz contienen las variables medidas sobre los individuos. Es frecuente realizar un centrado y estandarizado de los datos pero salvo donde de indique expresamente, no sería necesario hacerlo para aplicar los métodos biplot.

Otra característica importante de los métodos biplot es que no se establecen condiciones sobre las variables, dándole el mismo criterio explicativo a cada una de ellas, mostrando de forma gráfica la estructura existente en los datos, permitiéndonos observar la variabilidad tanto de los individuos como de las variables.

Denotaremos a la matriz de datos \mathbf{Y} de dimensión $n \times p$, siendo sus filas \mathbf{y}_i y sus columnas \mathbf{y}_j , su factorización $\mathbf{Y} = \mathbf{A}\mathbf{B}'$ y las matrices \mathbf{A} y \mathbf{B} los marcadores de las filas y las columnas respectivamente, siendo los vectores fila de estas matrices representados con \mathbf{a}_i , \mathbf{b}_i . La descomposición de la matriz en valores singulares es $\mathbf{Y} = \mathbf{U}\mathbf{D}\mathbf{V}'$.

1.2.1. Propiedades para los marcadores columna (variables)

Las propiedades de los marcadores columna que representan a las variables se satisfacen para las factorizaciones GH-Biplot y HJ-Biplot ya que preservan la métrica existente entre las columnas de la matriz y además consiguen una óptima calidad de representación. Son recomendables para la aproximación de las varianzas entre variables.

Las propiedades fundamentales son las siguientes:

1. El producto escalar de las columnas de la matriz coincide con el producto escalar de los marcadores columna: $\mathbf{y}'_j \mathbf{y}_k = \mathbf{b}'_j \mathbf{b}_k$, siendo su forma matricial

$$\mathbf{Y}'\mathbf{Y} = \mathbf{B}\mathbf{B}' \quad (1-1)$$

Teniendo en cuenta que las columnas de \mathbf{Y} se pueden expresar como $\mathbf{y}_j = \mathbf{A}\mathbf{b}_j$, sustituyendo, $\mathbf{y}'_j \mathbf{y}_k = (\mathbf{A}\mathbf{b}_j)' (\mathbf{A}\mathbf{b}_k) = \mathbf{b}'_j \mathbf{A}' \mathbf{A} \mathbf{b}_k = \mathbf{b}'_j \mathbf{b}_k$

2. Si se trata de un Biplot de Componentes Principales y los datos están centrados por columnas, la longitud al cuadrado de los vectores que representan a los marcadores columna aproximan la covarianza entre las variables correspondientes: $\mathbf{b}'_j \mathbf{b}_k = cov(\mathbf{y}_j, \mathbf{y}_k)$.

Si la matriz de varianzas y covarianzas es $\mathbf{S} = \frac{1}{(n-1)} \mathbf{Y}'\mathbf{Y}$ y teniendo en cuenta la ecuación (1-1) y que $\mathbf{B} = \frac{1}{(n-1)} \mathbf{V}\mathbf{D}$, obtenemos $\mathbf{S} = \mathbf{B}'\mathbf{B}$.

Consecuencia de esta propiedad obtenemos:

- a. La longitud de los marcadores columna aproximan la desviación estándar de las variables: $|\mathbf{y}_j| = |\mathbf{b}_j| = \sqrt{var(|\mathbf{y}_j|)}$.

Teniendo en cuenta que el producto escalar de un vector por sí mismo es la suma de cuadrados de sus elementos y que los elementos de la diagonal de la matriz \mathbf{S} contienen las varianzas de cada una de las variables, $s_j^2 = s_{jj} = \mathbf{b}'_j \mathbf{b}_j$.

- b. El coseno del ángulo entre dos marcadores columna aproxima la correlación entre las variables: $\cos(\mathbf{b}_j, \mathbf{b}_k) = cor(\mathbf{y}_j, \mathbf{y}_k)$.

Teniendo en cuenta que $\mathbf{b}'_j \mathbf{b}_k = |\mathbf{b}_j| |\mathbf{b}_k| \cos(\mathbf{b}_j, \mathbf{b}_k)$, despejando

$$\cos(\mathbf{b}_j, \mathbf{b}_k) = \frac{\mathbf{b}'_j \mathbf{b}_k}{|\mathbf{b}_j| |\mathbf{b}_k|} \cong \frac{s_{jk}}{s_j s_k} = r_{jk}$$

- c. La distancia euclídea entre dos vectores columna coincide con la distancia entre los marcadores columna respectivos: $d^2(\mathbf{y}_j, \mathbf{y}_k) = d^2(\mathbf{b}_j, \mathbf{b}_k)$.

$$\begin{aligned} d^2(\mathbf{y}_j, \mathbf{y}_k) &= \sum_i (\mathbf{y}_{ij} - \mathbf{y}_{ik})^2 = (\mathbf{y}_j - \mathbf{y}_k)' (\mathbf{y}_j - \mathbf{y}_k) = \\ &= |\mathbf{y}_j|^2 + |\mathbf{y}_k|^2 - 2(\mathbf{y}'_j \mathbf{y}_k) = \\ &= |\mathbf{b}_j|^2 + |\mathbf{b}_k|^2 - 2(\mathbf{b}'_j \mathbf{b}_k) = d^2(\mathbf{b}_j, \mathbf{b}_k) \end{aligned}$$

3. Las coordenadas de la matriz de los marcadores columna \mathbf{B} en un Biplot de Componentes Principales son equivalentes a la importancia de las variables a lo largo de los k-ésimos ejes principales: $\mathbf{Y}'\mathbf{U}=\mathbf{V}\mathbf{D}=\mathbf{B}$. Las columnas de la matriz \mathbf{B} definen un nuevo individuo que es combinación lineal de los individuos originales \mathbf{y} , por lo tanto, son equivalentes a la importancia de las variables a lo largo de los ejes principales.
4. La calidad de representación de las columnas de la matriz \mathbf{Y} es óptima, siendo mayor que la calidad de representación global de \mathbf{Y} .

1.2.2. Propiedades para los marcadores fila (individuos)

Las propiedades de los marcadores fila que representan a los individuos se satisfacen para las factorizaciones JK-Biplot y HJ-Biplot ya que preservan la métrica existente entre las filas de la matriz y además consiguen una óptima calidad de representación. Son recomendables para la aproximación de las distancias entre individuos.

Las propiedades fundamentales son las siguientes:

1. El producto escalar de las filas de la matriz \mathbf{Y} coinciden con el producto escalar de los marcadores fila: $\mathbf{Y}\mathbf{Y}'=\mathbf{A}\mathbf{A}'$.

Como $\mathbf{Y}=\mathbf{A}\mathbf{B}'$ entonces $\mathbf{Y}\mathbf{Y}' = (\mathbf{A}\mathbf{B}')(\mathbf{B}\mathbf{A}') = \mathbf{A}\mathbf{A}'$.

2. La distancia euclídea entre dos filas de la matriz Y coincide con la distancia euclídea entre los marcadores fila: $d^2(\mathbf{y}_i, \mathbf{y}_k) = d^2(\mathbf{a}_i, \mathbf{a}_k)$.

Teniendo en cuenta que las filas de Y se pueden expresar como $\mathbf{y}_i = \mathbf{B}\mathbf{a}_i$, sustituyendo,

$$\begin{aligned}(\mathbf{y}_i - \mathbf{y}_k)'(\mathbf{y}_i - \mathbf{y}_k) &= (\mathbf{B}\mathbf{a}_i - \mathbf{B}\mathbf{a}_k)'(\mathbf{B}\mathbf{a}_i - \mathbf{B}\mathbf{a}_k) = \\ &= (\mathbf{a}_i - \mathbf{a}_k)'(\mathbf{a}_i - \mathbf{a}_k)\end{aligned}$$

3. Los marcadores fila coinciden con las coordenadas de las filas en el espacio de las componentes principales: $YV = UD = A$.
4. La calidad de representación de las filas de la matriz Y es óptima.

1.3. Interpretación de los gráficos biplot

Los métodos factoriales gráficos representan en un diagrama de dispersión normalmente de dimensión dos, los resultados obtenidos al analizar una matriz de datos de mayor dimensión. La reducción de dimensiones produce una pérdida de información que podría desfigurar la realidad de los datos. Se debe seleccionar el número de dimensiones suficientes para obtener una representación apropiada, buscando un equilibrio entre la información obtenida y la complejidad de interpretación del proceder de los datos; un mayor número de dimensiones implica un mayor esfuerzo en la interpretación de los resultados.

Para realizar un análisis correcto del gráfico biplot lo primero que tenemos que evaluar es la absorción de inercia recogida con los ejes factoriales, posteriormente necesitamos que los elementos incorporados, individuos y variables, estén bien representados, es decir, que sus componentes recojan una cantidad suficiente de la variabilidad mostrada en el gráfico.

Una característica importante de la representación gráfica producida por los métodos Biplot es que su interpretación se basa en conceptos geométricos simples, como es la proyección de las filas y columnas de la matriz sobre una representación plana.

Para ayudarnos a su interpretación, en la Figura 1-1 se muestra un ejemplo de la representación de un plano en un gráfico Biplot, mostrando la situación de una matriz de siete individuos (p1 a p7) y cuatro variables (V1 a V4).

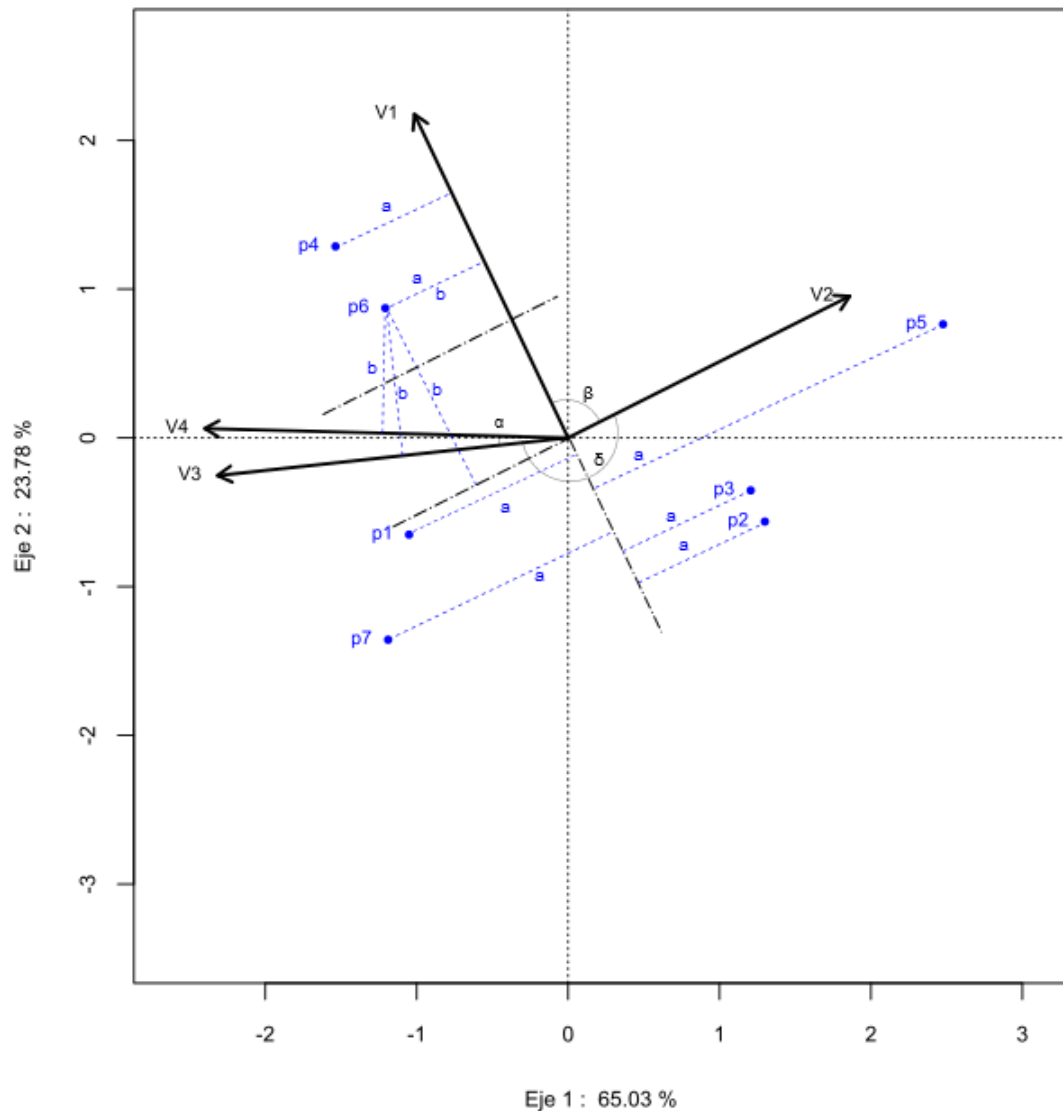


Figura 1-1: Ejemplo para interpretación de un gráfico biplot

Las filas de la matriz Y se representan por puntos cuyas coordenadas son las filas de la matriz A de marcadores fila (p1 a p7). Las columnas de la matriz Y se representan por vectores cuyo extremo tiene por coordenadas las filas de la matriz B de marcadores

columna (V1 a V4). El motivo de representar las columnas como vectores es facilitar la proyección de los marcadores fila sobre los marcadores columna.

La orientación de los vectores marca la dirección en que aumentan los valores de la variable que representa. Si proyectamos todos los puntos representados por los marcadores fila sobre un vector que representa una determinada variable obtendremos una ordenación de los individuos respecto a esa variable (líneas *a* sobre la variable V1).

Los elementos que debemos tener en cuenta para interpretar correctamente la representación biplot son los siguientes:

- La distancia entre individuos se interpreta como disimilaridad (p1 y p5). La proximidad entre puntos indica similitud entre ellos (p2 y p3), en relación a las distintas variables.
- La longitud del vector indica la variabilidad de la variable. Cuanto mayor longitud (V4), más variabilidad presenta la variable en el estudio y por tanto mayor información aporta a la hora de interpretar los grupos de individuos.
- El ángulo que forman dos vectores que representan a dos variables se interpreta como la relación existente entre ellas. Un ángulo pequeño indica fuerte asociación positiva (α). Un ángulo recto indica independencia entre las variables (β). Un ángulo llano indica fuerte relación inversa (δ). Las variables V3 y V4 están correlacionadas, V2 tiene correlación negativa con V3 y V4 y no está correlacionada con V1.
- La relación de un individuo con las variables se analiza a través de la proyección perpendicular del punto sobre los vectores, obteniendo el correspondiente valor de la variable, pudiendo determinar qué variables son las que caracterizan más al individuo (líneas *b* sobre el punto p6). De esta forma los individuos que se proyectan en la dirección de la punta del vector (variable) son los que presentan valores altos en esa variable; los que se proyectan en la dirección contraria son los que toman los valores más bajos.
- Los ejes factoriales representan gradientes. La interpretación se hace evaluando las contribuciones del factor al elemento. Aquellas variables que presentan altas contribuciones relativas de un eje y baja de los demás son las más importantes en la interpretación de los gradientes latentes. Se

corresponde con el coeficiente de determinación de la regresión de cada variable sobre el eje, si los datos están centrados.

Capítulo 2. Biplot dinámico

Capítulo 2. Biplot dinámico

2.1. Planteamiento

En el estudio de datos económicos es frecuente encontrarse con variables medidas a lo largo de varias situaciones y para un conjunto de individuos determinados, como es el caso de variables referidas a países durante un determinado periodo de tiempo.

Como hemos visto en el capítulo anterior el vocablo Biplot Dinámico ya fue usado por Sparks *et al.* (1997) pero su uso no ha llegado a tener gran transcendencia. En realidad lo que hace Sparks es un análisis biplot de un conjunto de datos al que va añadiendo casos, repitiendo el análisis en pasos sucesivos, dejando rastro de los valores obtenidos en cada paso. Su estudio se realiza con matrices de dos vías incrementando el número de filas paulatinamente.

Nuestro planteamiento es radicalmente diferente. Pretendemos estudiar la relación existente en un conjunto de datos multivariante, que ocurre en más de una ocasión. Es una situación habitual en datos económicos al estudiar unas determinadas magnitudes (PIB, producción, graduados,...) referidas a diferentes entidades (países, empresas, universidades,...) en situaciones repetitivas (anuales, ciclos productivos, cursos,...)

La técnica que se ha usado más frecuentemente cuando se quiere analizar un conjunto de datos compuesto por varias matrices, lo que determina un cubo de datos, mediante métodos biplot es yuxtaponer las matrices de forma vertical (manteniendo las variables y agregando los individuos) u horizontal (manteniendo los individuos y agregando las variables) y tratar la matriz resultante como una tabla de dos vías. Esta técnica no se corresponde con un modelo real sino que es simplemente una construcción matemática.

Este proceder, desde nuestro punto de vista, plantea varios inconvenientes: 1) la solución obtenida es una solución global en la que participan con la misma intensidad todas las situaciones medidas, desde las más antiguas a la más actual. Incluso, si se pondera cada situación con un peso y aplicando otra técnica biplot como los biplots generalizados (Vicente Villardón 1992), tenemos la problemática de qué pesos utilizar y

la solución obtenida también está influenciada, en mayor o menor medida, de todas las situaciones. 2) Sólo permite estudiar la evolución de las variables o de los individuos, dependiendo de la yuxtaposición que hayamos realizado. 3) Si se realiza una yuxtaposición horizontal podemos encontrarnos con que el número de columnas total sea mayor que el de las filas, obteniendo resultados espurios.

Partimos de una matriz de datos C de tres vías: individuos para las filas, variables para las columnas y situaciones para las diversas ocasiones. Normalmente se corresponde con los mismos individuos y las mismas variables medidos en momentos diferentes aunque no es necesario que todos ellos existan en todas las ocasiones. Fijaremos la referencia t como la situación base que vamos a estudiar y sobre la que representaremos el dinamismo del resto; t es la situación que queremos analizar y que consideramos que recoge la información más explicativa para nuestro análisis. Generalmente representará la situación más reciente o más efectiva.

Habitualmente los datos necesitan de un preprocesado, normalmente de un centrado y/o escalado, que ha de realizarse de forma correcta, para que la técnica que se les aplique funcione debidamente y para que los resultados obtenidos sean válidos. Si el centrado y la estandarización de una matriz siempre han de hacerse de forma correcta, un conjunto de datos multivía añade complejidad a la tarea. Un estudio completo de este tema puede verse en *Centering and scaling in component analysis* (Bro and Smilde 2003).

El cálculo de un Biplot Dinámico lo haremos en dos pasos. Primero realizaremos un análisis biplot de la matriz de datos de dos vías que hayamos considerado como referencia t , es una vista estática. En el segundo paso proyectaremos sobre el gráfico biplot obtenido en la etapa anterior el resto de situaciones que queremos analizar, generando sus trayectorias a lo largo de los diferentes contextos. En este segundo paso también proyectaremos en el gráfico biplot de la referencia t la situación de los individuos existentes en cada momento. Este paso representa el dinamismo del análisis, el Biplot Dinámico.

La nomenclatura usada en el presente capítulo puede consultarse en el Anexo 1.

2.2. Primer paso: análisis Biplot de la referencia

En el capítulo 1 expusimos los fundamentos y principales características de los Biplots Clásicos (Gabriel 1971) y del HJ-Biplot (Galindo 1986). El primer paso de nuestro análisis consiste en la realización de un análisis biplot para el conjunto de datos pertenecientes a la referencia t . Para el desarrollo del Biplot Dinámico podemos usar cualquier factorización pero consideramos que la más apropiada es la correspondiente al análisis HJ-Biplot al conseguir representar todos los elementos de la estructura en el mismo sistema de coordenadas, con calidad de representación máxima.

Sea la matriz de datos C , cubo de datos, de dimensión $n \times p \times q$ según podemos ver en la Figura 2-1. Extraemos de estos datos los correspondientes a un determinado momento t de entre los comprendidos en el cubo, que usaremos como referencia y que consideraremos como la situación más explicativa objeto de nuestro estudio, obteniendo una matriz de dimensión $n \times p$. Siendo $\bar{y} = (\bar{y}_1, \bar{y}_2, \dots, \bar{y}_p)$ el vector de las medias de las columnas de los datos de la situación t , procedemos al centrado por columnas respecto a su media obteniendo la matriz centrada Y .

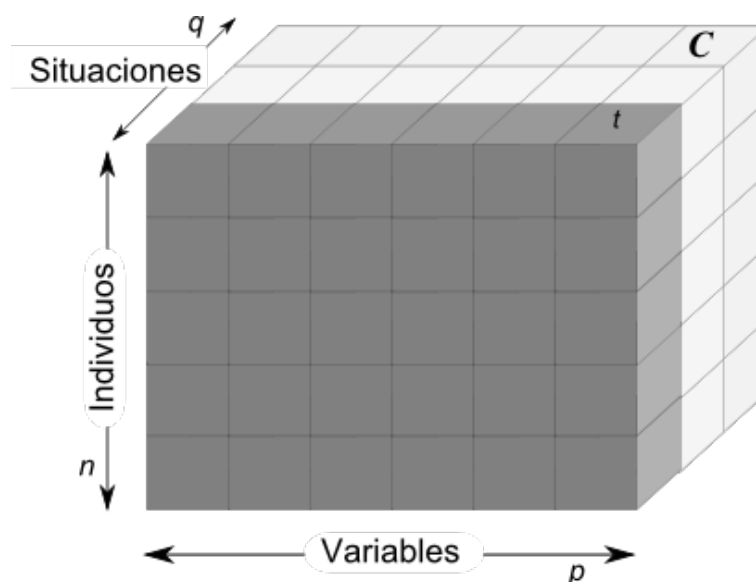


Figura 2-1: Cubo de datos

Factorizamos la matriz $Y=AB'$ a través de una descomposición en valores singulares (Eckart and Young 1939), que nos permite realizar una aproximación a bajo

rango de la matriz en el sentido de los mínimos cuadrados, obteniendo $Y=UDV'$ con el mismo significado que lo visto en el capítulo anterior. Dependiendo de la factorización elegida y adaptando la nomenclatura A y B a la denominación habitual de cada una de ellas, obtendremos diferentes tipos de biplot:

$$\text{JK-Biplot: } \mathbf{J}=\mathbf{UD} \quad \mathbf{K}=\mathbf{V}; \quad \mathbf{K}'\mathbf{K}=\mathbf{I} \quad (2-1)$$

$$\text{GH-Biplot: } \mathbf{G}=\mathbf{U} \quad \mathbf{H}=\mathbf{VD}; \quad \mathbf{G}'\mathbf{G}=\mathbf{I} \quad (2-2)$$

$$\text{HJ-Biplot: } \mathbf{J}=\mathbf{UD} \quad \mathbf{H}=\mathbf{VD}; \quad (2-3)$$

Con los marcadores así calculados obtenemos el gráfico biplot de la situación de referencia t , que recordemos es el momento más representativo que queremos considerar. Es el análisis estático de la situación existente en t , en el que podemos estudiar las relaciones multivariantes que hay entre las variables, entre los individuos y entre ambos.

En la Figura 2-2 se puede ver un ejemplo de la representación de un plano en un gráfico Biplot, mostrando la situación estática de una matriz de siete individuos (p1 a p7) y cuatro variables (V1 a V4).

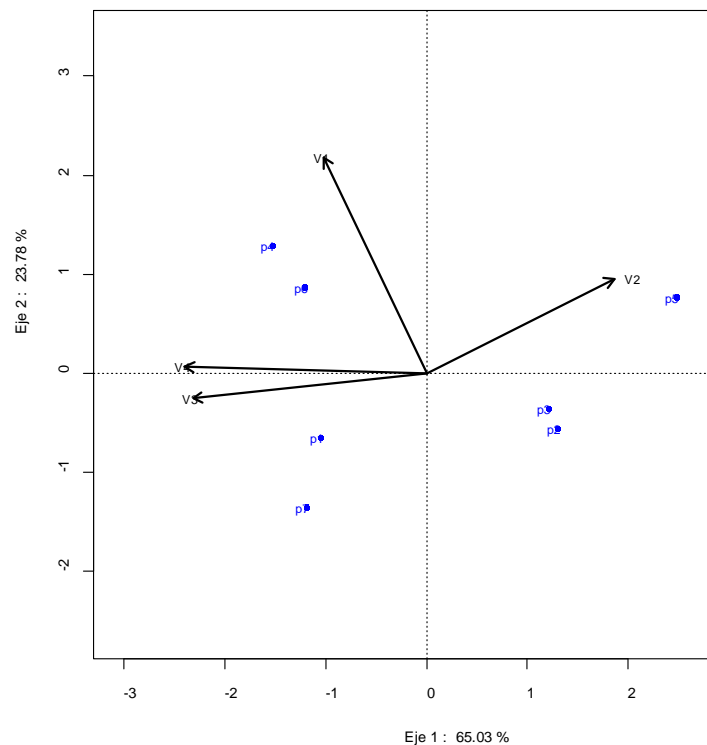


Figura 2-2: Ejemplo Biplot en la situación de referencia t

Las propiedades de los elementos y la calidad de representación incluidos en esta etapa son las mencionadas en el capítulo anterior según la factorización elegida: los puntos p_2 y p_3 son muy similares, las variables V_3 y V_4 están correlacionadas al formar un ángulo agudo entre los marcadores, V_2 tiene correlación negativa con V_3 y V_4 ya que sus marcadores forman un ángulo obtuso y no está correlacionada con V_1 al formar sus marcadores un ángulo recto.

2.3. Segundo paso: proyección de elementos en el Biplot

El objetivo en este segundo paso es proyectar sobre el biplot obtenido en el paso anterior el resto de situaciones incluidas en la matriz C manteniendo las estructuras previamente calculadas en t . Estos datos no deben ser tenidos en cuenta a la hora de calcular los marcadores del biplot de referencia ya que se corresponden con situaciones pasadas que no tienen que modificar el contexto objeto de estudio pero sí es importante representar sus posiciones en él y la evolución que han sufrido, observando pues la dinámica de la evolución soportada.

La inclusión de datos en un biplot previamente calculado ya ha sido tratada por diversos autores. Así Gabriel realiza la formulación básica (Gabriel 1995), Gower y Hand (1996) incluyen puntos en un biplot y denominan a la operación interpolación, Cárdenas y Galindo (2001) tratan la inclusión de información externa en modelos bilineales generalizados y Graffelman y Aluja-Banet (2003) se refieren a variables suplementarias y puntos suplementarios en biplots de componentes principales y de análisis de correspondencias obteniendo medidas de la calidad de representación, al igual que lo hace Greenacre (2012).

2.3.1. Representación de variables en el Biplot de referencia

Para incorporar nueva información en el gráfico debemos buscar los marcadores en el espacio de dimensión reducida que representen al elemento a proyectar y que sean óptimos en el sentido de mínimos cuadrados. Realizaremos una técnica similar a la usada por Graffelman y Aluja-Banet (2003).

Sea z un vector columna con los n valores de una variable que queremos incorporar en el biplot ya obtenido y sea s su vector proyección en el sentido comentado. El vector

proyección que mejor se ajuste a \mathbf{z} será aquel, de entre todos los posibles, que minimice la suma de diferencias al cuadrado entre ambos, es decir, la suma de los cuadrados de los errores $\mathbf{e} = \mathbf{z} - \hat{\mathbf{z}}$.

Obtenemos el vector $\hat{\mathbf{z}}$ realizando el producto escalar entre la matriz ortogonal \mathbf{A} de los marcadores fila y el vector \mathbf{z} . Este vector será óptimo si la suma de los errores al cuadrado es mínima:

$$\mathbf{e}'\mathbf{e} = (\mathbf{z} - \hat{\mathbf{z}})'(\mathbf{z} - \hat{\mathbf{z}}) = (\mathbf{z} - \mathbf{A}\mathbf{s})'(\mathbf{z} - \mathbf{A}\mathbf{s})$$

Calculando e igualando a cero la derivada de primer orden obtenemos la solución al problema de minimización:

$$\mathbf{s} = (\mathbf{A}'\mathbf{A})^{-1}\mathbf{A}'\mathbf{z} \quad (2-4)$$

Es decir, la solución conseguida son los coeficientes de regresión que se obtienen de la regresión entre la variable que queremos proyectar y las columnas de la matriz de los marcadores fila obtenidos previamente en la descomposición de valores singulares de la matriz de datos en la situación de referencia t . Como las variables de la regresión son ortogonales sus coeficientes serán independientes.

Al haber utilizado todas las columnas de la matriz \mathbf{A} obtenemos los coeficientes para incorporar la variable en cualquiera de los planos Biplot que necesitemos representar.

2.3.2. Representación de individuos en el Biplot de referencia

Si lo que queremos es añadir la posición de un individuo, una fila, en el gráfico biplot previamente calculado, el problema es similar. Sea \mathbf{x} un vector columna con los p valores del individuo que queremos incorporar y sea \mathbf{o} el punto en el plano biplot que lo representa. Suponemos que el vector \mathbf{x}' está centrado por el vector de medias $\bar{\mathbf{y}}$ de la situación de referencia. Obtenemos el vector $\hat{\mathbf{x}}$ para el punto adicional realizando los productos escalares de \mathbf{o} con todos los vectores de las variables representadas en el biplot, que son las filas de la matriz \mathbf{B} . Este valor será óptimo si la suma de los errores al cuadrado es mínima:

$$\mathbf{e}'\mathbf{e} = (\mathbf{x} - \hat{\mathbf{x}})'(\mathbf{x} - \hat{\mathbf{x}}) = (\mathbf{x} - \mathbf{B}\mathbf{o})'(\mathbf{x} - \mathbf{B}\mathbf{o})$$

Calculando e igualando a cero la derivada de primer orden obtenemos la solución al problema de minimización:

$$\mathbf{o} = (\mathbf{B}'\mathbf{B})^{-1}\mathbf{B}'\mathbf{x} \quad (2-5)$$

La solución pasa nuevamente por calcular los coeficientes de regresión entre el punto que queremos proyectar y las columnas de la matriz de \mathbf{B} . Los coeficientes obtenidos son independientes al ser las columnas de \mathbf{B} ortogonales.

Al haber utilizado todas las columnas de la matriz \mathbf{B} obtenemos los coeficientes para incorporar los individuos en cualquiera de los planos Biplot que necesitemos representar.

Generalizando lo anteriormente expuesto, si \mathbf{Z} es una matriz con varias variables o varios individuos que pretendemos proyectar en el gráfico biplot y su descomposición es \mathbf{LM} , obtendríamos, para la ecuación (2-4):

$$\mathbf{L}' = (\mathbf{A}'\mathbf{A})^{-1}\mathbf{A}'\mathbf{Z}$$

y para la ecuación (2-5):

$$\mathbf{M}' = (\mathbf{B}'\mathbf{B})^{-1}\mathbf{B}'\mathbf{Z}'$$

2.3.3. Trayectorias

Fijada la situación t como referencia, podemos extraer del cubo de datos \mathbf{C} tantas matrices de dos dimensiones como variables tenemos, es decir, p matrices de dimensión $n \times q$; el escalar n se corresponde con el número de individuos (filas) de \mathbf{Y} y q con la cantidad de valores que la variable ha tenido a lo largo de las q situaciones. Sean \mathbf{Z}_j , con $1 \leq j \leq p$, cada una de las matrices así obtenidas una vez centrados los datos. El centrado de datos puede hacerse de forma genérica con el valor de la media de la variable y_j . Si el centrado se hace con la media de cada variable que se va a proyectar se obtienen unas propiedades más interesantes que relacionaremos más adelante. En la Figura 2-3 podemos ver la representación de una de las matrices.

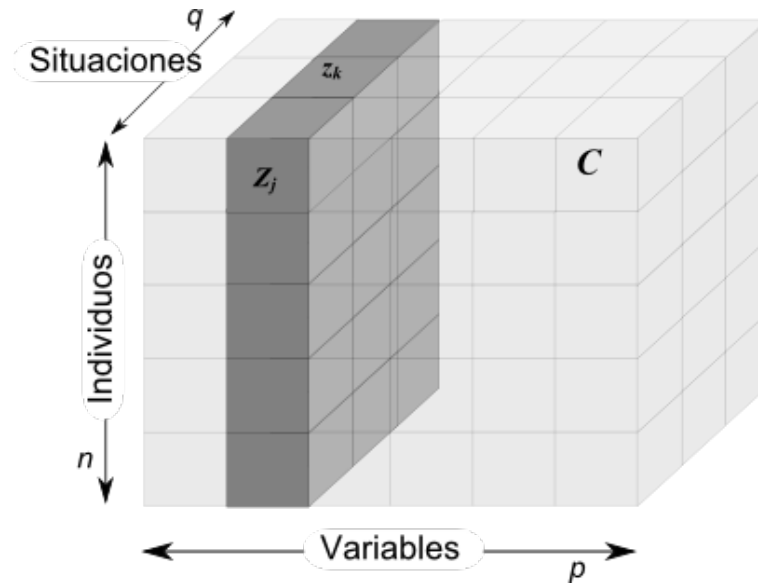


Figura 2-3: Matriz de situaciones para la variable y_j

Procedemos a proyectar Z_j en el gráfico biplot obtenido en el paso 1 según lo visto con anterioridad. Si unimos cada uno de los puntos que representan los valores que la variable ha tenido en las diferentes situaciones, y en el orden adecuado, obtendremos la trayectoria que ha seguido dicha variable en relación con las variables y puntos representados en el momento t . Variando j convenientemente obtendremos la representación de las trayectorias de todas las variables.

En la Figura 2-4 se puede observar la trayectoria seguida por una variable a lo largo de las situaciones medidas.

De forma similar, fijada la situación t como referencia en el cubo de datos C podemos obtener tantas matrices de dos dimensiones como individuos tenemos, es decir, n matrices de dimensión $p \times q$; el escalar p se corresponde con el número de variables (columnas) de Y y q con la cantidad de valores que los individuos han tenido a lo largo de las q situaciones. Llamamos X_i , con $1 \leq i \leq n$, cada una de las matrices así obtenidas, una vez centrados los datos con el valor de las medias de las variables \bar{y} . En la Figura 2-5 podemos ver la representación de una de estas matrices.

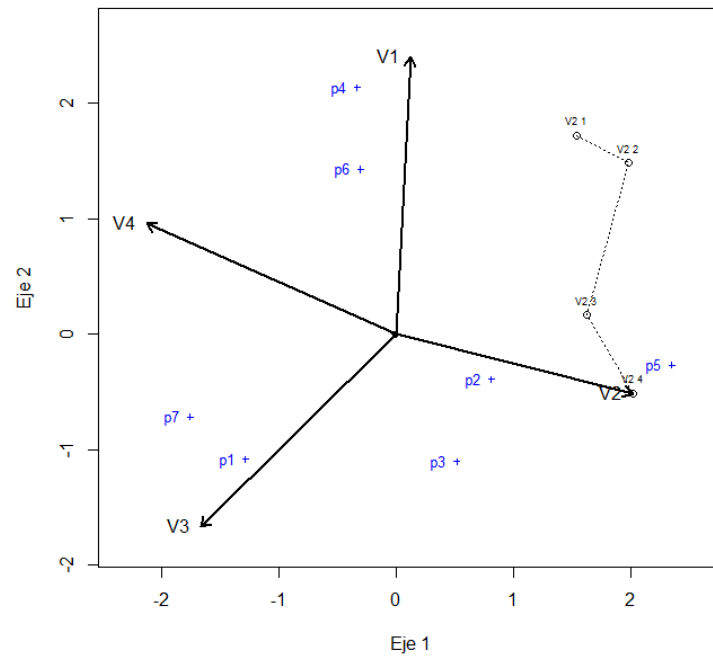


Figura 2-4: Trayectoria de variable en un Biplot Dinámico

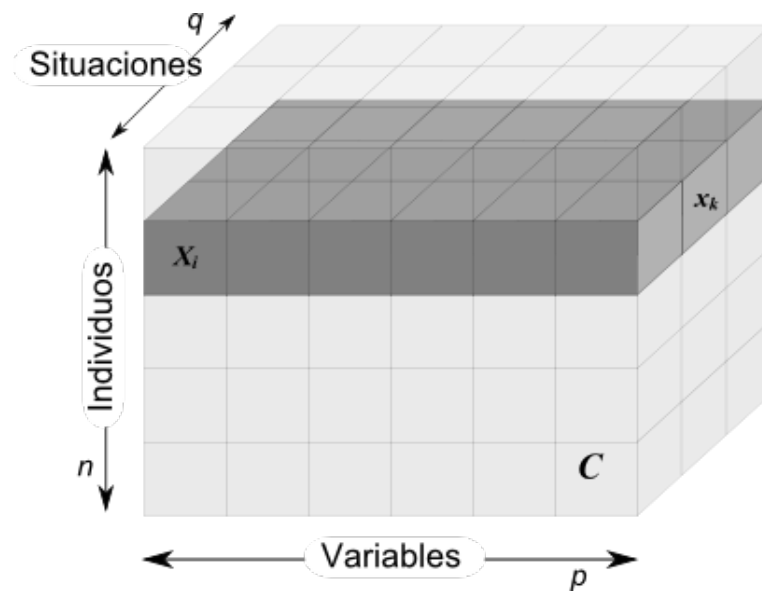


Figura 2-5: Matriz de situaciones para el individuo y_i

Proyectando X_i en el gráfico biplot generado en el paso 1 según lo visto con anterioridad y uniendo cada uno de los puntos que representan los valores que un individuo ha tenido en las diferentes situaciones, y en el orden adecuado, obtendremos la trayectoria que ha seguido dicho individuo en relación con las variables y puntos representados en la situación t . Variando i convenientemente obtendremos la representación de las trayectorias de todos los individuos.

En la Figura 2-6 se puede observar la trayectoria seguida por un individuo a lo largo de las situaciones medidas. La etiqueta del punto está ubicada sobre la situación de referencia.

El Biplot Dinámico puede ser utilizado sobre cualquiera de las factorizaciones de los biplot pero la mejor representación simultánea de las trayectorias de las variables y de los puntos se obtiene sobre el HJ-Biplot al conseguir éste representar ambos tipos de elementos con la máxima calidad de representación. Consideramos, pues, que para el Biplot Dinámico debe utilizarse preferentemente un HJ-Biplot en el análisis de la situación de referencia.

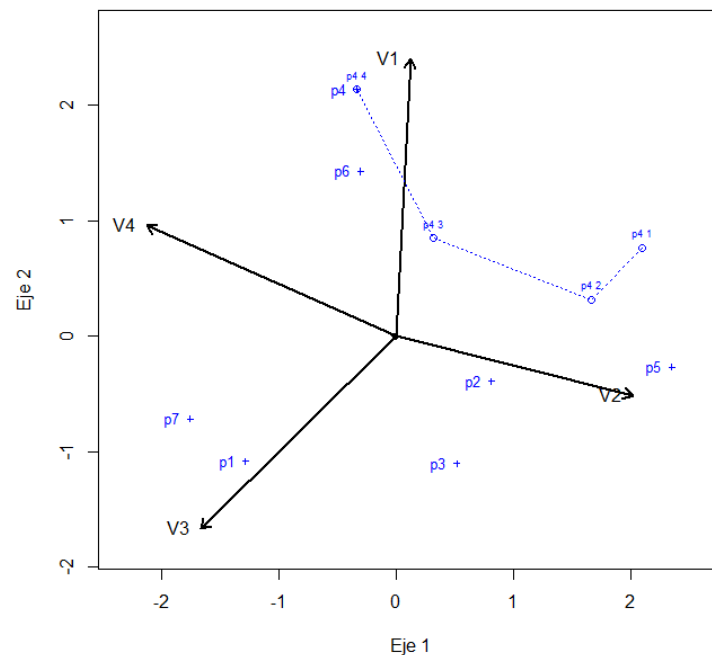


Figura 2-6: Trayectoria de individuo en un Biplot Dinámico

2.3.4. Redimensionamiento de coordenadas

Por la forma en que hemos construido la matriz de datos Z_j podemos observar que dicha matriz comparte una columna con la matriz de datos Y usada para realizar el biplot en la situación de referencia. Dependiendo de la factorización elegida para construir el biplot de referencia tendremos que ajustar las coordenadas de las variables proyectadas obtenidas según (2-4) a la escala resultante de dicho biplot.

En la Figura 2-7 podemos ver la necesidad de redimensionar las trayectorias en una factorización HJ-Biplot. Si no se redimensionan, éstas no pasan por los marcadores de su variable en el biplot de referencia.

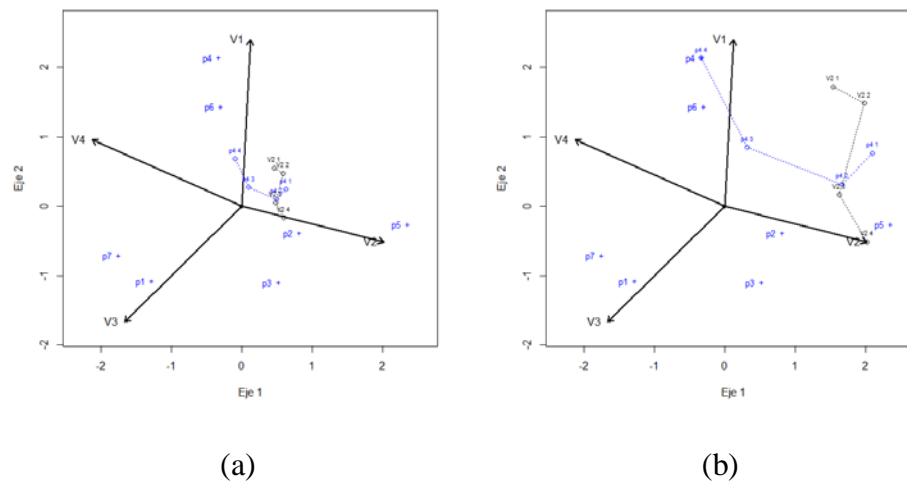


Figura 2-7: Ejemplo de Biplot Dinámico con trayectorias sin redimensionar (a) y redimensionadas (b)

Sea Z_j la matriz que contiene los datos de las diversas situaciones de la variable y_j y z_k el vector columna de la variable de esta matriz en la situación k , con $1 \leq k \leq q$. Sea z_t la variable y_j fijada en la situación de la referencia t .

De la descomposición de $Y=AB'$ podemos decir que las coordenadas de la variable y_j en el biplot de referencia son b_t , habiendo nombrado a su vez a esta variable como z_t en la generación de las trayectorias. Por otra parte, hemos obtenido mediante la ecuación (2-4) el vector columna s'_t que contiene las coordenadas proyectadas de z_t .

Debemos redimensionar las coordenadas \mathbf{s}_t para que coincidan con \mathbf{b}_t , es decir, debemos buscar un factor \mathbf{F} que verifique

$$\mathbf{s}_t \mathbf{F} = \mathbf{b}_t \quad (2-6)$$

En el caso de una factorización GH-Biplot (2-2), teniendo en cuenta que

$$\mathbf{y}_j = \mathbf{A} \mathbf{h}'_j = \mathbf{U} \mathbf{h}'_j \quad (2-7)$$

$$\mathbf{b}_j = \mathbf{h}_j = \mathbf{v}_j \mathbf{D} \quad \text{siendo } \mathbf{v}_j \text{ la fila } j \text{ de la matriz } \mathbf{V}$$

$$\mathbf{s}'_k = \mathbf{A}' \mathbf{z}_k = \mathbf{U}' \mathbf{z}_k \quad (2-8)$$

Trasponiendo y sustituyendo (2-7) en (2-8)

$$\mathbf{s}_t = (\mathbf{U}' \mathbf{z}_t)' = (\mathbf{U}' \mathbf{U} \mathbf{h}'_t)' = \mathbf{h}_t$$

Para que se cumpla la igualdad (2-6) necesariamente ha de cumplirse que $\mathbf{F}=\mathbf{I}$, donde \mathbf{I} es la matriz identidad.

En el caso de una factorización JK-Biplot (2-1), teniendo en cuenta que

$$\mathbf{y}_j = \mathbf{A} \mathbf{k}'_j \quad (2-9)$$

$$\mathbf{b}_j = \mathbf{k}_j = \mathbf{v}_j$$

$$\mathbf{s}'_k = \mathbf{D}^{-1} \mathbf{U}' \mathbf{z}_k \quad (2-10)$$

Trasponiendo y sustituyendo (2-9) en (2-10)

$$\mathbf{s}_t = (\mathbf{D}^{-1} \mathbf{U}' \mathbf{z}_t)' = (\mathbf{D}^{-1} \mathbf{U}' \mathbf{U} \mathbf{D} \mathbf{v}'_t)' = \mathbf{v}_t \quad (2-11)$$

Para que se cumpla la igualdad (2-6) necesariamente ha de cumplirse que $\mathbf{F}=\mathbf{I}$.

En el caso de una factorización HJ-Biplot (2-3), teniendo en cuenta que

$$\mathbf{y}_j = \mathbf{U} \mathbf{D} \mathbf{v}'_j \quad (2-12)$$

$$\mathbf{b}_j = \mathbf{h}_j = \mathbf{v}_j \mathbf{D} \quad (2-13)$$

$$\mathbf{s}'_k = \mathbf{D}^{-1} \mathbf{U}' \mathbf{z}_k \quad (2-14)$$

Trasponiendo y sustituyendo (2-12) en (2-14)

$$\mathbf{s}_t = (\mathbf{D}^{-1}\mathbf{U}'\mathbf{z}_t)' = (\mathbf{D}^{-1}\mathbf{U}'\mathbf{U}\mathbf{D}\mathbf{v}_t')' = \mathbf{v}_t$$

Sustituyendo en la igualdad (2-6) y comparando con (2-13)

$$\left. \begin{array}{l} \mathbf{s}_t\mathbf{F} = \mathbf{v}_t\mathbf{F} \\ \mathbf{b}_t = \mathbf{v}_t\mathbf{D} \end{array} \right\} \Leftrightarrow \mathbf{F} = \mathbf{D}$$

Necesariamente ha de cumplirse que $\mathbf{F}=\mathbf{D}$, donde \mathbf{D} es la matriz diagonal de valores singulares de la descomposición de la matriz \mathbf{Y} , que da origen al biplot de referencia.

De una forma similar a la mostrada anteriormente para las trayectorias de las variables podemos hacer el desarrollo para las trayectorias de los individuos calculadas según la ecuación (2-5), llegando a la misma conclusión.

En la Tabla 2-1 podemos ver un resumen de los factores necesarios para redimensionar las trayectorias al biplot de referencia.

	GH-Biplot	JK-Biplot	HJ-Biplot
Variables	$\mathbf{F}=\mathbf{I}$	$\mathbf{F}=\mathbf{I}$	$\mathbf{F}=\mathbf{D}$
Individuos	$\mathbf{F}=\mathbf{I}$	$\mathbf{F}=\mathbf{I}$	$\mathbf{F}=\mathbf{D}$

Tabla 2-1: Factor de redimensión de las trayectorias

Con estos resultados, para las factorizaciones GH-Biplot y HJ-Biplot podemos escribir la ecuación (2-4) de la siguiente forma:

$$\mathbf{s} = \mathbf{F}(\mathbf{A}'\mathbf{A})^{-1}\mathbf{A}'\mathbf{z} = \mathbf{U}'\mathbf{z} \quad (2-15)$$

Para factorizaciones JK-Biplot y HJ-Biplot podemos escribir la ecuación (2-5) de la siguiente forma:

$$\mathbf{o} = \mathbf{F}(\mathbf{B}'\mathbf{B})^{-1}\mathbf{B}'\mathbf{x} = \mathbf{V}'\mathbf{x} \quad (2-16)$$

2.4. Propiedades del Biplot Dinámico.

El análisis biplot del contexto de referencia tiene todas las propiedades de la factorización elegida para realizarlo, que fueron presentadas en el capítulo 1. La interpretación correcta nos dará el conocimiento de la situación t en forma estática, es decir, las relaciones existentes entre variables e individuos en este contexto.

Al realizar el biplot dinámico es necesario estudiar para cada variable e individuo la relación que hay entre ellos en la situación de referencia y las diversas situaciones que forman su trayectoria.

Las variables deben estar centradas, de forma genérica, con la media de su variable en la situación t y los individuos deben estar centrados con el vector de medias \bar{y} . Como veremos a continuación, si procedemos a la estandarización de las variables con su media y su desviación típica (Bro and Smilde 2003) obtendremos unas propiedades añadidas que nos permiten llegar a una conclusión importante.

La nomenclatura que utilizaremos durante el desarrollo de las propiedades es similar a la utilizada hasta ahora. En la situación de referencia t , la matriz de datos utilizada y su descomposición es $Y=AB'=UDV'$, de dimensión $n \times p$, siendo sus filas y_i y sus columnas y_j . La matriz Z_j de dimensión $n \times q$ contiene los valores de la variable j en las diversas situaciones, con $1 \leq j \leq p$, siendo z_k el vector columna con los valores en el momento k , con $1 \leq k \leq q$, y z_t la variable en el momento t , que por definición coincide con la variable y_j ; estas variables al proyectarse sobre el biplot de referencia según la ecuación (2-15) dan origen a los vectores s_k y s_t respectivamente. La matriz X_i de dimensión $p \times q$ contiene los valores del individuo i en las diversas situaciones, con $1 \leq i \leq n$, siendo x_k la fila con los valores en la situación k y x_t los correspondientes a la situación de referencia t ; estos individuos al proyectarse sobre el biplot de referencia según la ecuación (2-16) dan origen a los puntos o_k y o_t respectivamente.

Analizamos las propiedades más significativas que cada tipo de factorización aporta a las variables o a los individuos. Para las variables estudiamos las factorizaciones GH-Biplot y HJ-Biplot y para los individuos JK-Biplot y HJ-Biplot. Como podremos apreciar, es la factorización HJ-Biplot la que participa de ambos grupos de propiedades.

Todas las propiedades son válidas para cada tipo de biplot si los datos están centrados.

2.4.1. Propiedades para los marcadores columna (variables)

Las variables proyectadas en las diferentes situaciones conservan propiedades similares a las de la factorización elegida, respecto a la situación de referencia.

Como hemos indicado anteriormente, para las propiedades de los marcadores de las variables utilizaremos las factorizaciones GH-Biplot y HJ-Biplot.

1. El producto escalar de cada columna de la matriz proyectada \mathbf{Z}_j con la columna de la variable y_j en la referencia t coinciden con el producto escalar de los marcadores de sus correspondientes proyecciones. Esta propiedad se cumple incluso con datos no centrados.

$$\mathbf{s}'_k \mathbf{s}_t = \mathbf{z}'_k \mathbf{z}_t \quad (2-17)$$

Desarrollando el producto escalar de s_t y s_k :

En la factorización GH-Biplot, teniendo en cuenta que $\mathbf{z}_t = y_j = \mathbf{A}\mathbf{b}_t = \mathbf{U}\mathbf{b}_t$, donde \mathbf{b}_t es el vector columna de la matriz \mathbf{B} que contiene las coordenadas de las variables en el biplot de referencia, y por la ecuación (2-15)

$$\mathbf{s}'_k \mathbf{s}_t = (\mathbf{U}'\mathbf{z}_k)' \mathbf{U}'\mathbf{z}_t = \mathbf{z}'_k \mathbf{U} \mathbf{U}'\mathbf{z}_t = \mathbf{z}'_k \mathbf{U} \mathbf{U}' \mathbf{U} \mathbf{b}_t = \mathbf{z}'_k \mathbf{U} \mathbf{b}_t = \mathbf{z}'_k \mathbf{z}_t$$

En la factorización HJ-Biplot, teniendo en cuenta que $\mathbf{z}_t = y_j = \mathbf{U}\mathbf{D}\mathbf{v}'_t$, donde \mathbf{v}'_t es el vector columna de la matriz \mathbf{V} que contiene los vectores propios por la derecha en el biplot de referencia, y por la ecuación (2-15)

$$\mathbf{s}'_k \mathbf{s}_t = (\mathbf{U}'\mathbf{z}_k)' \mathbf{U}'\mathbf{z}_t = \mathbf{z}'_k \mathbf{U} \mathbf{U}'\mathbf{z}_t = \mathbf{z}'_k \mathbf{U} \mathbf{U}' \mathbf{U} \mathbf{D}\mathbf{v}'_t = \mathbf{z}'_k \mathbf{z}_t$$

2. Las coordenadas obtenidas al proyectar la variable z_k son el vector de covarianzas de los vectores propios por la izquierda y la variable proyectada, escaladas en función del número de individuos.

$$\mathbf{s}_k = (n - 1)\text{cov}(\mathbf{U}, \mathbf{z}_k)$$

Para las factorizaciones GH-Biplot y HJ-Biplot:

La covarianza entre dos vectores es su producto escalar¹ y por la ecuación (2-15)

$$(n - 1)cov(\mathbf{U}, \mathbf{z}_k) = \mathbf{U}'\mathbf{z}_k = \mathbf{s}_k$$

3. El producto escalar entre los marcadores columna de la variable proyectada de la situación k y la correspondiente a la situación de referencia t es la covarianza de la variable entre ambas situaciones, escalada en función del número de muestras $(n-1)$. Si las variables están estandarizadas la covarianza coincide con la correlación.

La covarianza entre dos vectores es su producto escalar.

Como hemos visto en la ecuación (2-17), para las factorizaciones GH-Biplot y HJ-Biplot, el producto escalar de las columnas de la matriz proyectada coincide con el producto escalar de los marcadores de sus proyecciones, pudiendo concluir que

$$\mathbf{s}'_k \mathbf{s}_t = \mathbf{z}'_k \mathbf{z}_t = (n - 1)cov(\mathbf{z}_k, \mathbf{z}_t) \quad (2-18)$$

4. El coseno del ángulo formado por los marcadores de la variable proyectada en las situaciones k y t es la correlación entre las variables en el espacio completo ponderada por el inverso del coeficiente de correlación múltiple de la regresión realizada.

Para las factorizaciones GH-Biplot y HJ-Biplot:

$$\cos(\mathbf{s}_k, \mathbf{s}_t) = \frac{cor(\mathbf{z}_k, \mathbf{z}_t)}{r_k} \quad (2-19)$$

En efecto, teniendo en cuenta que 1) el coseno de dos vectores podemos obtenerlo del producto escalar de los mismos², 2) que la norma de un vector se puede obtener del producto escalar del vector por sí mismo³, y 3) que el coeficiente de correlación múltiple r_k es la suma de los coeficientes de correlación de cada variable en la regresión⁴:

Para la factorización GH-Biplot:

¹ $cov(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \frac{1}{\sqrt{n-1}}(\mathbf{x} - \bar{x}\mathbf{1})' \frac{1}{\sqrt{n-1}}(\mathbf{y} - \bar{y}\mathbf{1})$

² $xy = |x||y|\cos(x, y)$

³ Norma de x : $|x| = \sqrt{x'x}$

⁴ $r = \sqrt{R^2}$; $R^2 = \sum \beta_i r_{1i}$

$$\cos(\mathbf{s}_k, \mathbf{s}_t) = \frac{\mathbf{s}'_k \mathbf{s}_t}{|\mathbf{s}_k| |\mathbf{s}_t|} = \frac{(n-1) \text{cov}(\mathbf{z}_k, \mathbf{z}_t)}{(\mathbf{s}'_k \mathbf{s}_k)^{\frac{1}{2}} (\mathbf{s}'_t \mathbf{s}_t)^{\frac{1}{2}}} =$$

por la ecuación (2-18) y por la definición de norma de un vector,

$$= \frac{(n-1) \text{cov}(\mathbf{z}_k, \mathbf{z}_t)}{(n-1) (\sum \text{cov}^2(\mathbf{U}, \mathbf{z}_k))^{\frac{1}{2}} (n-1)^{\frac{1}{2}}} = \frac{\frac{\text{cov}(\mathbf{z}_k, \mathbf{z}_t)}{\sigma_{z_k}}}{\left(\frac{\sum \text{cov}^2(\mathbf{U}, \mathbf{z}_k)}{\text{var}(\mathbf{z}_k)} \right)^{\frac{1}{2}} (n-1)^{\frac{1}{2}}} =$$

ya que $\mathbf{s}_k = \mathbf{U}' \mathbf{z}_k$, $\mathbf{s}_t = \mathbf{z}_t$ y $\text{var}(\mathbf{U}) = \mathbf{I}/(n-1)^1$ al estar los datos centrados

$$= \frac{\text{cor}(\mathbf{z}_k, \mathbf{z}_t)}{r_k} = \cos(\mathbf{s}_k, \mathbf{s}_t)$$

donde r_k es el coeficiente de correlación múltiple de la regresión efectuada para calcular las coordenadas de la variable z_k .

Para una factorización HJ-Biplot aplicando la ecuación (2-15) se llega al mismo resultado, reflejado en la ecuación (2-19).

5. Si dividimos el cuadrado de la longitud de los vectores de las proyecciones conseguidas, escalada en función del número de individuos, por el coeficiente de determinación de la regresión realizada obtenemos la varianza de la variable en el espacio completo.

$$\text{var}(\mathbf{z}_k) = \frac{|\mathbf{s}_k|^2}{(n-1)R^2} \tag{2-20}$$

Para la factorización GH-Biplot:

Teniendo en cuenta que

$$|\mathbf{s}_k|^2 = \mathbf{s}'_k \mathbf{s}_k = (n-1)^2 \sum \text{cov}^2(\mathbf{A}, \mathbf{z}_k)$$

¹ Si M es una matriz de datos centrados $\text{var}(\mathbf{M}) = \mathbf{M}'\mathbf{M}/(n-1)$

y que $var(\mathbf{A}) = \mathbf{I}/(n-1)$ ya que los datos están centrados

$$R^2 = \sum cor^2(\mathbf{A}, \mathbf{z}_k) = \frac{(n-1) \sum cov^2(\mathbf{A}, \mathbf{z}_k)}{var(\mathbf{z}_k)}$$

y dividiendo

$$\frac{|\mathbf{s}_k|^2}{R^2} = \frac{(n-1)^2 \sum cov^2(\mathbf{A}, \mathbf{z}_k)}{\frac{(n-1) \sum cov^2(\mathbf{A}, \mathbf{z}_k)}{var(\mathbf{z}_k)}} = (n-1) var(\mathbf{z}_k)$$

Para una factorización HJ-Biplot aplicando la ecuación (2-15) se llega al mismo resultado, reflejado en la ecuación (2-20).

6. Para evaluar la calidad de representación de una variable proyectada en el gráfico biplot utilizaremos la cantidad de varianza que dicha variable explica en el análisis, que se corresponde con el coeficiente de determinación de la regresión realizada.

$$\frac{var(\widehat{\mathbf{z}}_k)}{var(\mathbf{z}_k)} = R^2$$

Podemos calcular los valores estimados por la regresión $\widehat{\mathbf{z}}_k = \mathbf{U}\mathbf{s}_k = \mathbf{U}\mathbf{U}'\mathbf{z}_k$.

$$\frac{var(\widehat{\mathbf{z}}_k)}{var(\mathbf{z}_k)} = \frac{1}{(n-1)} \frac{\widehat{\mathbf{z}}_k' \widehat{\mathbf{z}}_k}{var(\mathbf{z}_k)} = \frac{1}{(n-1)} \frac{(\mathbf{U}\mathbf{U}'\mathbf{z}_k)' (\mathbf{U}\mathbf{U}'\mathbf{z}_k)}{var(\mathbf{z}_k)} = \sum r_k^2(\mathbf{U}, \mathbf{z}_k)$$

La longitud del vector \mathbf{s} puede ser usada para mostrar la calidad de representación de la variable proyectada.

7. Cuando las variables están estandarizadas, los productos escalares entre las coordenadas de una variable y las correspondientes a sus situaciones nos permiten calcular la Función de Autocorrelación de la variable.

Hemos visto en (2-18) que el producto escalar de las coordenadas obtenidas en la proyección es la covarianza entre las variables, ponderada en función del número de individuos, que coincide con la correlación si éstas están estandarizadas.

El coeficiente de autocorrelación ρ de una variable se define como

$$\rho_k = \frac{\text{cov}(\mathbf{z}_t, \mathbf{z}_{t-k})}{\sqrt{\text{var}(\mathbf{z}_t)\text{var}(\mathbf{z}_{t-k})}}$$

donde k es el número de retardos que hay desde el momento t . Teniendo en cuenta que las diversas situaciones proyectadas se refieren a la misma variable, la correlación entre estas situaciones es la autocorrelación.

Si calculamos todos los coeficientes de autocorrelación de cada variable obtenemos la Función de Autocorrelación, conocida habitualmente como ACF, que es una de las herramientas principales en la identificación de las series temporales (Peña 2005).

2.4.2. Propiedades para los marcadores fila (individuos)

Como hemos indicado anteriormente, para las propiedades de los individuos utilizaremos las factorizaciones JK-Biplot y HJ-Biplot.

1. Los productos escalares de las filas de la matriz proyectada \mathbf{X}_i con la fila del individuo en la referencia t coinciden con los productos escalares de los marcadores de sus correspondientes proyecciones.

$$\mathbf{o}'_k \mathbf{o}_t = \mathbf{x}'_k \mathbf{x}_t \quad (2-21)$$

Desarrollando el producto escalar de \mathbf{o}_t y \mathbf{o}_k :

En la factorización JK-Biplot, teniendo en cuenta que $\mathbf{x}_t = \mathbf{y}_t = \mathbf{B}\mathbf{a}_t = \mathbf{V}\mathbf{a}_t$, donde \mathbf{a}_t es el vector columna de la matriz \mathbf{A} que contiene las coordenadas de los individuos en el biplot de referencia, y por la ecuación (2-16)

$$\mathbf{o}'_k \mathbf{o}_t = (\mathbf{V}' \mathbf{x}_k)' \mathbf{V}' \mathbf{x}_t = \mathbf{x}'_k \mathbf{V}' \mathbf{V}' \mathbf{x}_t = \mathbf{x}'_k \mathbf{V}' \mathbf{V} \mathbf{a}_t = \mathbf{x}'_k \mathbf{V}' \mathbf{a}_t = \mathbf{x}'_k \mathbf{x}_t$$

En la factorización HJ-Biplot, teniendo en cuenta que $\mathbf{x}_t = \mathbf{y}_t = \mathbf{V}\mathbf{D}\mathbf{u}'_t$, donde \mathbf{u}'_t es el vector columna de la matriz \mathbf{U} que contiene las coordenadas de los individuos en el biplot de referencia, y por la ecuación (2-16):

$$\mathbf{o}'_k \mathbf{o}_t = (\mathbf{V}' \mathbf{x}_k)' \mathbf{V}' \mathbf{x}_t = \mathbf{x}'_k \mathbf{V}' \mathbf{V}' \mathbf{x}_t = \mathbf{x}'_k \mathbf{V}' \mathbf{V}' \mathbf{V}\mathbf{D}\mathbf{u}'_t = \mathbf{x}'_k \mathbf{x}_t$$

2. El coseno del ángulo formado por dos filas de la matriz de datos coincide con el coseno de sus marcadores. En particular, el coseno entre una fila de la matriz proyectada y su referencia coincide con la de sus marcadores.

$$\cos(\mathbf{o}_k, \mathbf{o}_t) = \cos(\mathbf{x}_k, \mathbf{x}_t)$$

Debido a la ecuación (2-21), a que $\mathbf{o}_t = \mathbf{x}_t$, y a que como V es ortogonal y cuadrada se verifica que $V' = V^{-1}$, $VV' = I$, $\mathbf{o}'_k \mathbf{o}_k = \mathbf{x}'_k \mathbf{x}_k$

$$\cos(\mathbf{o}_k, \mathbf{o}_t) = \frac{\mathbf{o}'_k \mathbf{o}_t}{|\mathbf{o}_k| |\mathbf{o}_t|} = \frac{\mathbf{x}'_k \mathbf{x}_t}{|\mathbf{x}_k| |\mathbf{x}_t|} = \cos(\mathbf{x}_k, \mathbf{x}_t)$$

3. La distancia euclídea entre dos filas de la matriz de datos coincide con la distancia euclídea de sus marcadores. En particular, la distancia euclídea entre una fila de la matriz proyectada y su referencia coincide con la de sus marcadores.

$$d(\mathbf{o}_k, \mathbf{o}_t) = d(\mathbf{x}_k, \mathbf{x}_t)$$

En efecto, aplicando la ecuación (2-16) y para las dos factorizaciones que estamos empleando, como V es ortogonal y cuadrada se verifica que $V' = V^{-1}$, $VV' = I$

$$\begin{aligned} d(\mathbf{o}_k, \mathbf{o}_t) &= (\mathbf{o}_k - \mathbf{o}_t)' (\mathbf{o}_k - \mathbf{o}_t) = (V' \mathbf{x}_k - V' \mathbf{x}_t)' (V' \mathbf{x}_k - V' \mathbf{x}_t) = \\ &= (\mathbf{x}_k - \mathbf{x}_t)' V V' (\mathbf{x}_k - \mathbf{x}_t) = d(\mathbf{x}_k, \mathbf{x}_t) \end{aligned}$$

Capítulo 3. Ejemplo ilustrativo

Capítulo 3. Ejemplo ilustrativo

3.1. Planteamiento

En el estudio de datos económicos es frecuente encontrarse con variables medidas a lo largo de varias situaciones y para un conjunto de individuos determinados, como es el caso de variables referidas a países durante un determinado periodo de tiempo. Los datos así recogidos contienen una estructura de 3 vías.

Con objeto de entender la problemática que trata de resolver el uso del Biplot Dinámico procedemos a aplicarlo sobre un conjunto de datos reales, lo que nos permitirá comprender su funcionamiento.

Los datos que vamos a utilizar son las cifras de la cantidad de energía eléctrica generada en España durante un determinado periodo. Estos datos han sido extraídos de los informes anuales del *Sistema eléctrico español* (REE 2011) que publica Red Eléctrica Española (REE 2012) en su página web. No pretendemos analizar exhaustivamente los datos sino utilizarlos para ver las posibilidades que nos ofrece el Biplot Dinámico.

Entre la información publicada encontramos el Balance de energía eléctrica referido a las diecinueve comunidades autónomas de España, Ceuta y Melilla, diferenciando por el tipo de energía que producen. En este balance también figura el consumo de energía que cada comunidad realiza. Como el objetivo del presente capítulo es ilustrativo, hemos procedido a seleccionar sólo las comunidades autónomas peninsulares y a agregar aquellas comunidades con bajo nivel de producción. Por otra parte hemos resumido las variables de producción de energía por el tipo de generación considerando cuatro formas: hidráulica, el grupo nuclear-carbón-fuel/gas, ciclo combinado¹, y régimen especial².

¹ Ciclo combinado: Tecnología de generación de energía eléctrica en la que coexisten dos ciclos termodinámicos en un sistema: uno, cuyo fluido de trabajo es el vapor de agua, y otro, cuyo fluido de trabajo es un gas. (REE 2011)

² Régimen especial: Producción de energía eléctrica realizada en instalaciones cuya potencia instalada no supera los 50 MW, a partir de cogeneración u otras formas de producción de electricidad asociadas a actividades no eléctricas,... (REE 2011)

Todas las cifras de producción eléctrica están expresadas en GWh¹.

Los datos mencionados en el párrafo anterior dan origen a una matriz de datos de dos dimensiones donde las diversas formas de producción de energía las podemos situar en las columnas, las variables (4), y las diferentes comunidades autónomas seleccionadas las colocamos como filas de la matriz dando origen a los individuos (11).

Hemos manejado los informes anuales comprendidos entre los años 2006 y 2010 obteniendo para cada situación una matriz similar a la comentada en el párrafo anterior lo que genera cinco matrices de dos vías. Globalmente obtenemos una matriz de tres vías, individuos, variables y situaciones, es un cubo de datos.

En la Tabla 3-1 podemos observar una muestra de los datos.

Individuos	Variables				Situaciones
	H	NCF	Cc	RE	
A	1.560	7.489	16.136	13.358	2010
Ar	3.106	1.948	5.398	9.053	2010
As	1.919	5.289	1.777	2.241	2010
...
A	864	9606	17.504	11.300	2009
Ar	2.001	3134	6.470	7.613	2009
As	1.534	7829	1.386	1.810	2009
...
A	592	14836	19.949	6.259	2007
Ar	2.324	7535	2.493	6.930	2007
As	1.303	17112	0	1.685	2007
...

Tabla 3-1: Cubo de datos. Individuos: A=Andalucía, Ar=Aragón, As=Asturias. Variables: H=Hidráulica, NCF=Nuclear+Carbón+Fuel/Gas, Cc=Ciclo combinado, RE=Régimen Espacial.

3.2. Estudio univariante

Al encontrarnos con variables que han sido medidas en diferentes situaciones podemos observar su evolución estudiando la trayectoria que han sufrido a lo largo del tiempo. Cada variable se estudia de forma independiente aunque se puedan representar

¹ GWh = Gigawatio-hora. 1 Gigawatio = 1000 Megawatios. 1000 Gw = 1 Terawatio (Tw)

varias variables en el mismo gráfico o fraccionarla en las distintas partes que la componen como, en este caso, los valores que dicha variable toma en las diferentes comunidades autónomas. El estudio de una variable a lo largo del tiempo se puede realizar con la técnica de series temporales y existen excelentes libros de texto, como *Análisis de Series Temporales* (Peña 2005), *Econometría* (Gujarati 2004), o *Econometría II : análisis de modelos econométricos de series temporales* (Álvarez Vázquez 2004), que explican su problemática y su desarrollo. En la Figura 3-1 podemos ver la representación de las cuatro variables que recogen la producción eléctrica en la península.

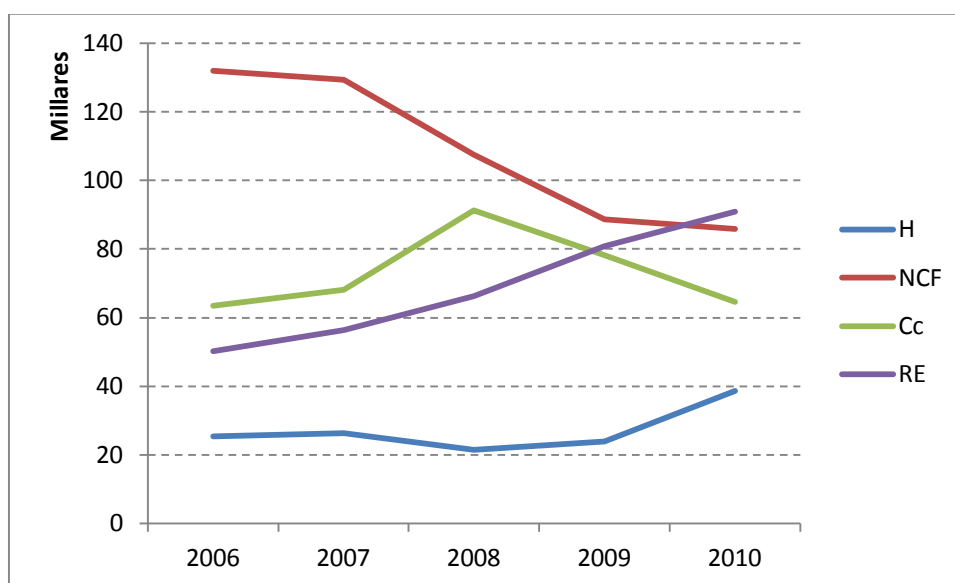


Figura 3-1: Producción de energía eléctrica en el periodo 2006-2010. H=hidráulica, NCF=nuclear+carbón+fuel/gas, Cc=ciclo combinado, RE=régimen especial.

La figura sí permite ver la evolución de cada uno de los tipos de producción y una cierta comparación entre ellos. Se observa que la energía producida por combustibles nuclear, carbón y fuel/gas (NCF) han sufrido un fuerte descenso durante el periodo pasando de 132 Tw a comienzo del periodo hasta 86 Tw al final del mismo. Otro tipo de producción eléctrica como es la de régimen especial (RE), que incluyen gran parte de energías renovables, va en ascenso constante. La energía producida por ciclo combinado (Cc) va disminuyendo desde el año 2008. La producción de energía hidráulica (H) es muy constante aunque se ha incrementado en el último periodo.

La información aportada por un gráfico de estas características es importante pero no puede ir más allá de lo comentado dejando sin explicar cosas como qué comunidad autónoma genera qué tipo de energía ya que el gráfico que resultaría de añadir todo ese detalle lo haría prácticamente ilegible. Tampoco se podrían determinar cosas como que el incremento de producción de energía hidráulica del último periodo se debe a la mayor cantidad de precipitaciones habidas, ni en las cuencas de qué ríos se han ocasionado (Agencia Estatal de Meteorología (España) 2011).

En la Figura 3-1 hemos representado la producción total, pero de forma similar podemos hacer un gráfico para cada una de las comunidades autónomas. Colocando unos gráficos al lado de los otros se podrían ver las diferencias entre ellos pero si el número de individuos es alto necesitaríamos mucho espacio para la representación y además la comparación sería compleja. En la Figura 3-2 se observan las gráficas de dos comunidades autónomas, Comunidad Valenciana y Comunidad de Castilla y León.

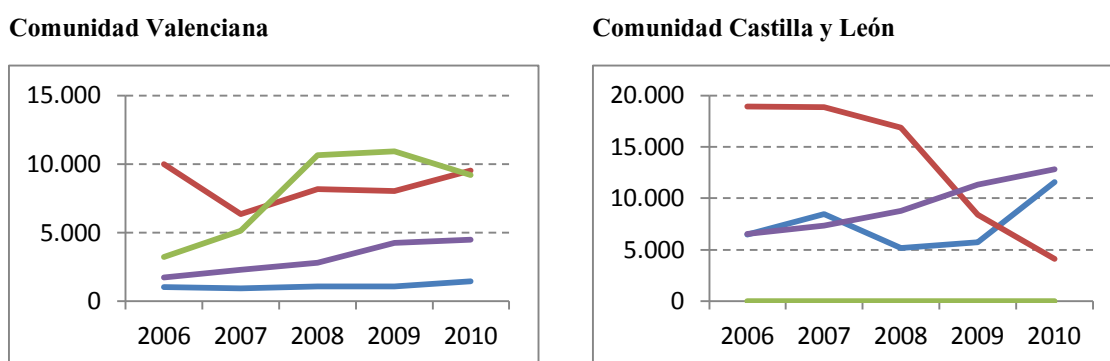
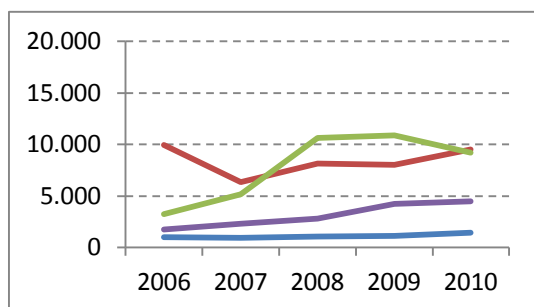


Figura 3-2: Producción eléctrica de las comunidades de Valencia y Castilla y León

En esta comparación también se pone de manifiesto una complejidad añadida: la diferencia de escala mostrada en las figuras. Es frecuente dejar a los programas informáticos el ajuste de la escala usada en los ejes pero esto impide la comparación homogénea de la información. Por ejemplo, aunque parece que la energía producida en régimen especial (color morado) es similar en ambas comunidades, si nos fijamos en la escala observamos que la cantidad de este tipo de energía producida en la comunidad de Castilla y León es casi tres veces superior a la producida en la Comunidad Valenciana. En la Figura 3-3 se muestra estas mismas gráficas con las escalas igualadas.

Comunidad Valenciana



Comunidad Castilla y León

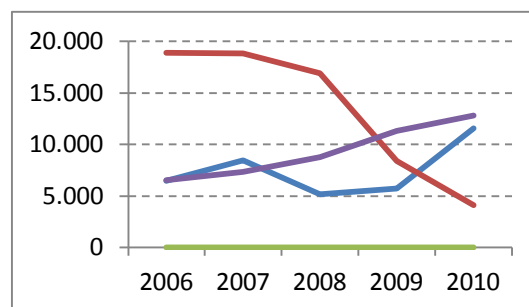


Figura 3-3: Comparación de producción eléctrica con el gráfico en la misma escala

Si lo que queremos estudiar es la evolución en la producción eléctrica que han tenido las diversas comunidades autónomas a lo largo del periodo podemos realizar unos gráficos similares a los anteriores. En la Figura 3-4 vemos la gráfica que se corresponde con el total de la producción eléctrica de las diversas comunidades autónomas.

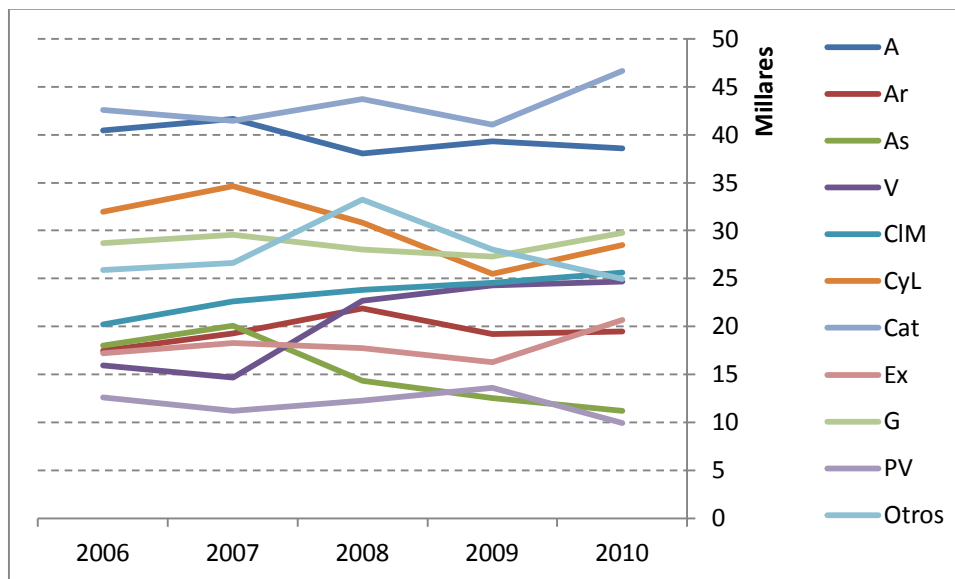


Figura 3-4: Producción eléctrica en las diferentes CCAA

La gráfica mostrada ya es un tanto confusa al tener que incluir once series de datos pero aún permite observar la evolución habida en el periodo y una comparación entre las comunidades autónomas. No se incluye en la gráfica la cantidad agregada que se

correspondería con el total de la producción de la península en cada año ya que la cifra de casi 300 TWh emplazados en ella dejaría prácticamente planas el resto de las series de las comunidades, perdiendo la capacidad comparativa del análisis.

Al igual que sucedía al estudiar las diversas fuentes de energía que no permitía conocer en qué comunidades autónomas se producía aquí sucede a la inversa, sabemos la cantidad producida por las diferentes comunidades pero no sabemos de qué fuente procede; necesitaríamos realizar gráficos parciales para estudiar cada una de ellas y compararlas entre sí. En la Figura 3-5 podemos ver las correspondientes a las de producción nuclear, carbón y fuel/gas y la de régimen especial. La problemática de la escala diferente en las figuras sigue estando presente.

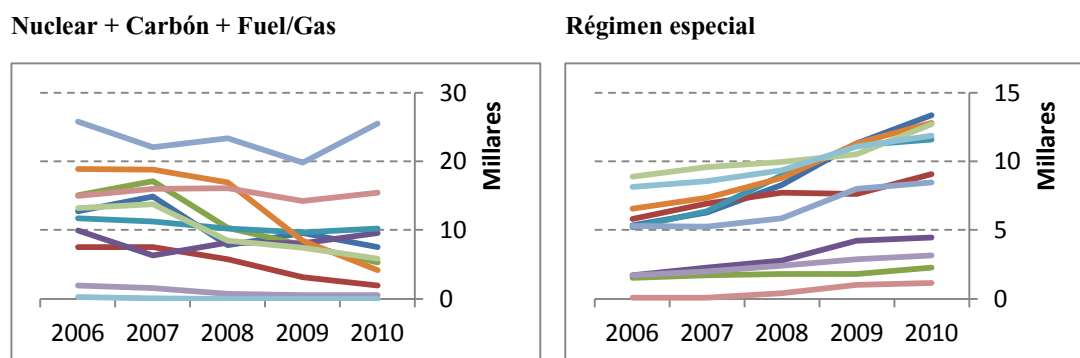


Figura 3-5: Producción eléctrica Nuclear+Carbón+Fuel/Gas y Régimen especial

Como se ha podido apreciar en lo anteriormente mostrado, el estudio de una variable da una visión parcial de la realidad observada siendo necesario recurrir a técnicas multivariantes si lo que pretendemos es encontrar relaciones entre variables o entre individuos.

3.3. Estudio multivariante

Cuando disponemos de varias variables para estudiar podemos recurrir a técnicas multivariantes que son capaces de relacionarlas simultáneamente. Existen diversas técnicas, tanto numéricas como gráficas, capaces de realizar esta tarea, muchas de ellas basadas en la descomposición de valores singulares (Eckart and Young 1939) de una

matriz para la reducción de la dimensionalidad, siendo nuestra responsabilidad el utilizar la técnica que mejor se adapte a los datos que disponemos y a los objetivos marcados. Consideramos que las técnicas que obtienen resultados gráficos facilitan la interpretación de los datos y son éstas las que utilizaremos preferentemente.

3.3.1. Análisis de Componentes Principales (PCA)

En el caso concreto de los datos que nos ocupa, las cifras de producción eléctrica generada en la España peninsular durante el periodo 2006-2010, podemos recurrir a una de las técnicas más conocidas como es el Análisis de Componentes Principales (ACP o como se conoce habitualmente por sus siglas inglesas PCA). Esto es debido a que esta técnica trabaja con datos cuantitativos y los nuestros lo son.

Debemos colocar nuestros datos en una única matriz donde las cuatro variables están situadas en las columnas y los datos medidos en cada comunidad autónoma y en cada periodo los ubicamos en las filas, generalmente centrados, y si sus magnitudes son distintas, estandarizados. Los datos de las diversas situaciones son tratados de forma conjunta y a todas las variables y a todos los individuos se les da la misma importancia.

Realizando el análisis de componentes principales obtenemos que la varianza recogida por los dos primeros componentes es del 73%. Con las coordenadas calculadas se realiza un diagrama de dispersión (Figura 3-6). Los cálculos han sido realizados con el entorno estadístico R (R Core Team 2012a).

Se observa cómo la primera componente principal está definida por las variables de producción eléctrica de fuentes Nuclear + Carbón + Fuel/Gas (NCF) y la producción de Ciclo combinado (Cc) pero en contraposición de la una con la otra, lo que nos lleva a concluir que las comunidades que usan instalaciones de ciclo combinado no poseen producción nuclear+carbón+fuel. La segunda componente principal viene definida por el uso de energías de régimen especial (RE) y en menor medida por el uso de energía hidráulica (H), esta última es una variable de plano y también participa de la primera componente definida por la variable NCF.

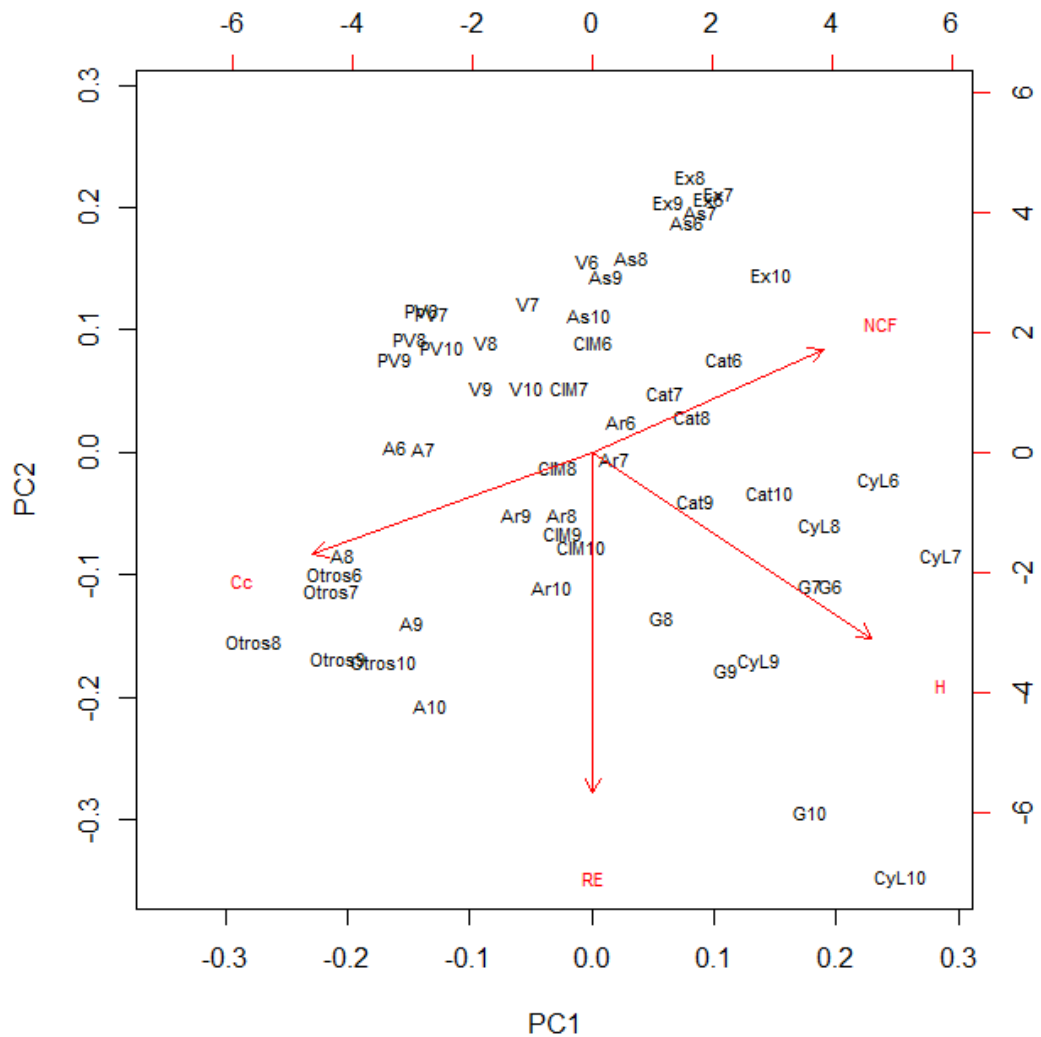


Figura 3-6: Análisis de Componentes Principales del conjunto de datos

Los individuos se sitúan según sus coordenadas pudiendo ver la relación de cada uno de ellos con cada variable. Por ejemplo, se puede ver que las comunidades autónomas de Galicia y Castilla y León producen fundamentalmente la energía eléctrica de fuentes hidráulicas durante todos los periodos. Se obtendría la trayectoria de los individuos si uniésemos en el orden adecuado cada uno de los puntos que representa una comunidad en cada periodo. Al tratar todos los datos de forma conjunta no es posible obtener la trayectoria para las variables.

3.3.2. Representación Biplot

El uso de los métodos biplot clásicos para la representación de varias variables que han sido medidas en diversas situaciones hasta ahora se ha realizado analizando la matriz de dos vías construida por la yuxtaposición de las diversas situaciones en una única matriz donde se recogen las variables en columnas y los diversos conjuntos de individuos en filas (Gheva 1986; Ibarra 1997). Esta solución que permite representar simultáneamente los individuos y las variables, otorga el mismo peso a todos los datos, lo que hace que situaciones pasadas incidan con la misma fuerza que las situaciones recientes pudiendo no ser éste el modelo de observación más apropiado. Este análisis también interpreta que sólo deseamos analizar la evolución de una de las dimensiones, generalmente las filas, ya que las variables son únicas; en caso de querer analizar la evolución de las variables puede que nos encontremos con un problema si el número de filas fuese menor que la yuxtaposición de las variables realizada. A pesar de ello, si unimos mediante una línea los marcadores obtenidos de cada situación obtendremos la trayectoria de cada individuo.

Los métodos biplot ya han sido utilizados por diversos autores para observar la evolución que han experimentado los individuos, como Gheva (1986) al realizar una representación de series temporales multivariantes para efectuar un estudio de la evolución de cuotas de mercado de empresas durante un periodo determinado. Las trayectorias que han tenido las diversas empresas se obtienen trazando una línea entre los diversos puntos que las representan, respetando el orden cronológico en que fueron tomadas las observaciones.

Aplicando esta técnica, en concreto un HJ-Biplot (Galindo 1986), a los datos de producción eléctrica, centrados y estandarizados, que estamos utilizando de forma yuxtapuesta, obtenemos los resultados mostrados en la Figura 3-7. Los cálculos han sido realizados con el paquete **dynBiplotGUI** del entorno estadístico R, realizado como parte de esta tesis para dar soporte operativo al Biplot Dinámico y que se presenta con detalle en el capítulo 4.

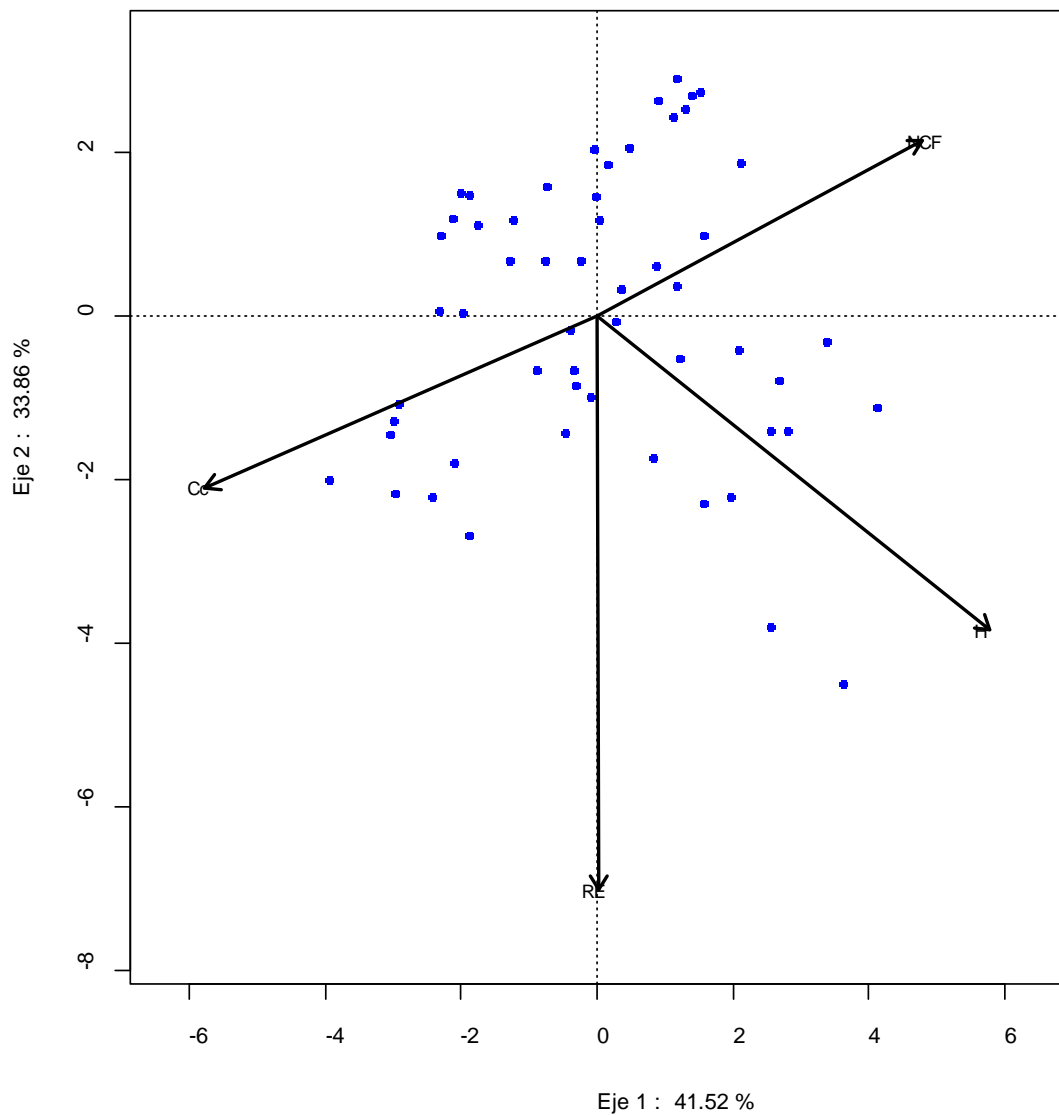


Figura 3-7: HJ-Biplot de todos los datos yuxtapuestos

La cantidad de inercia recogida en el plano 1-2 es del 75,3% lo que mejora ligeramente los resultados del análisis PCA, estando las cuatro variables bien representadas. La estructura que muestra es la misma que vimos en el análisis PCA. Si ocultamos en el gráfico los individuos con una calidad de representación determinada, por ejemplo, menos de 500, que en este análisis los consideramos como mal representados, trazaremos las trayectorias que simbolizan las diversas situaciones de cada uno de ellos. Podemos verlo en la Figura 3-8.

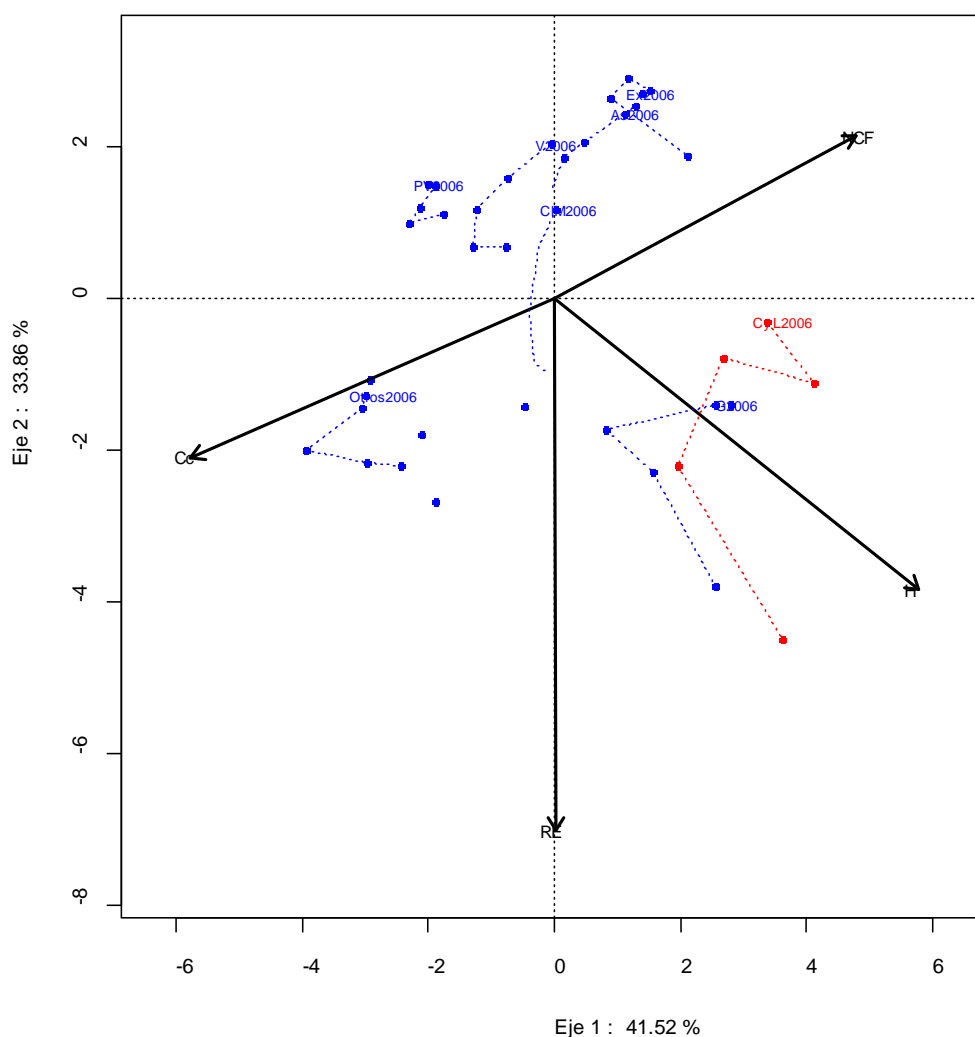


Figura 3-8: Trayectorias en HJ-Biplot con todos los datos

Hemos identificado cada trayectoria con el nombre de su comunidad situada sobre el punto que recoge la primera situación. Las trayectorias dibujadas representan la evolución en el tipo de producción eléctrica de cada comunidad autónoma durante los periodos analizados. Se ha resaltado la trayectoria de la comunidad de Castilla y León. Los puntos huérfanos que se muestran en el gráfico se corresponden con valores de otras comunidades que acumulan en el plano una inercia superior a la seleccionada. De forma similar, una trayectoria sin todos los puntos marcados se corresponden con los puntos que han sido ocultados por tener menor inercia acumulada de la seleccionada.

Las comunidades autónomas que tienen en el plano 1-2 una acumulación de inercia mayor de 500 las marcamos en la Tabla 3-2.

	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4
A	424	0	479	97
Ar	81	71	732	116
As	172	814	2	12
V	1	928	71	0
CIM	0	565	6	429
CyL	958	8	22	13
Cat	194	80	725	1
Ex	203	780	8	10
G	784	199	15	2
PV	484	279	180	57
Otros	824	149	5	22

Tabla 3-2: Contribuciones del factor al elemento, filas

Las comunidades autónomas representadas en la figura son Asturias (As), Valencia (V), Castilla la Mancha (CIM), Castilla y León (CyL), Extremadura (Ex), Galicia (G), País Vasco (PV) y Otros. Las comunidades de Castilla y León y Galicia tienen trayectorias bastante similares, comenzando el periodo 2006 con una producción eléctrica hidráulica que se va incrementando a lo largo de los periodos debido a las abundantes lluvias acaecidas en los años hidrológicos siguientes y que han ido en detrimento de la producción de energía proveniente de fuentes NFC; también se observa un claro incremento de producción eléctrica por métodos renovables en los dos últimos periodos considerados. Otras comunidades como el País Vasco prácticamente no tienen variación en la producción. También se observa como las comunidades Otros tienen su producción de energía en plantas de ciclo combinado (Cc).

Las contribuciones correspondientes de las variables se muestran en la Tabla 3-3. Todas las variables acumulan gran cantidad de inercia en el plano 1-2.

	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4
H	619	274	7	100
NCF	424	85	483	8
Cc	617	82	243	58
RE	0	914	12	74

Tabla 3-3: Contribuciones del factor al elemento, columnas

Como hemos comentado anteriormente, un análisis de todas las situaciones de forma conjunta sólo permite analizar las trayectorias de una de las dos dimensiones estudiadas. De hecho, en nuestro caso, no podríamos ver con fiabilidad las trayectorias de las variables aun cuando construyésemos la matriz en sentido contrario ya que el número de filas sería menor que el de columnas. También en un estudio global todas las situaciones tienen el mismo peso y, en general, si estamos analizando una determinada situación ésta no debe ser modificada por situaciones pasadas.

3.3.3. Análisis de 3 vías con el método Tucker3

Cuando deseamos analizar datos de tres vías, como son los nuestros, podemos recurrir a alguna de las técnicas existentes para este tipo de datos. En este ejemplo utilizaremos el análisis del método Tucker3 (Tucker 1966). El método realiza un despliegue del cubo de datos en tres matrices de dos dimensiones llamando a cada una de ellas modo A, B y C, dependiendo de la dimensión que deja en las columnas, y aglutinando las otras dos dimensiones en las filas. Un ejemplo de utilización de este método puede verse en (Amaya and Pacheco 2002).

El cubo de datos utilizado es el mismo de los ejemplos anteriores: comunidades autónomas para las filas, tipo de producción de energía eléctrica para las columnas y los diversos periodos medidos para la tercera dimensión. Los datos los estandarizamos por la dimensión correspondiente a las variables. Los cálculos han sido realizados con el paquete ThreeWay (Ferraro, Kiers, and Giordani 2012) del entorno estadístico R (R Core Team 2012a).

El ajuste del modelo exige determinar el número de componentes que deben ser seleccionados para reducir la dimensión de cada entidad del modo del arreglo. Se realiza calculando los porcentajes de ajuste del modelo para cada combinación del número de componentes de cada modo. Seleccionamos aquella combinación que presente poca variación con la que resultaría de elegir un componente adicional en alguno de los modos. Por el número de elementos de las dimensiones decidimos utilizar a priori los valores 4, 4, 4, para realizar las combinaciones de ajuste. En la Tabla 3-4 se resumen los valores propios de los análisis de componentes principales de cada uno de los modos. En la Tabla

3-5 se muestra el grado de ajuste que se obtiene con las primeras veinte combinaciones de los componentes.

	eigenvalues mode A		eigenvalues mode B		eigenvalues mode C	
	Eigenvalue	Fit(%)	Eigenvalue	Fit(%)	Eigenvalue	Fit(%)
Comp . 1	88.85	40.39	101.22	46.01	190.05	86.39
Comp . 2	80.77	77.10	80.42	82.57	24.09	97.34
Comp . 3	40.76	95.63	38.36	100.00	4.11	99.21
Comp . 4	4.77	97.79	0.00	100.00	1.10	99.71
Comp . 5	2.55	98.95			0.65	100.00

Tabla 3-4: Resumen de valores propios de análisis PCA de los modos A, B y C

	Numbers of components			Fit	Total number of components
	A	B	C	(%)	
1	1	1	1	34.55	3
2	1	2	2	37.51	5
3	2	1	2	38.66	5
4	2	2	1	70.60	5
5	2	2	2	72.30	6
6	1	3	3	40.32	7
7	2	2	3	72.78	7
8	2	3	2	76.33	7
9	3	1	3	44.09	7
10	3	2	2	78.52	7
11	3	3	1	85.79	7
12	2	2	4	72.80	8
13	2	3	3	77.01	8
14	2	4	2	76.33	8
15	3	2	3	79.35	8
16	3	3	2	94.44	8
17	4	2	2	79.84	8
18	1	4	4	40.36	9
19	2	3	4	77.07	9
20	2	4	3	77.01	9

Tabla 3-5: Porcentajes de ajuste explicados por cada combinación de componentes

La combinación 16 que utiliza 3, 3, 2, componentes para los modos A, B y C respectivamente, consigue ajustar el modelo un 94,44%, y decidimos seleccionar esta combinación en detrimento de otras que pueden explicar más porcentaje pero utilizando mayor número de componentes.

Para realizar la selección también nos hemos ayudado de las gráficas de los valores de ajuste frente al total de componentes y los valores de ajuste frente al número de parámetros libres, mostradas en la Figura 3-9. Se observa cómo el valor 332 se encuentra

en el grupo de combinaciones que mayor ajuste hacen, pero en el extremo de menor número de parámetros.

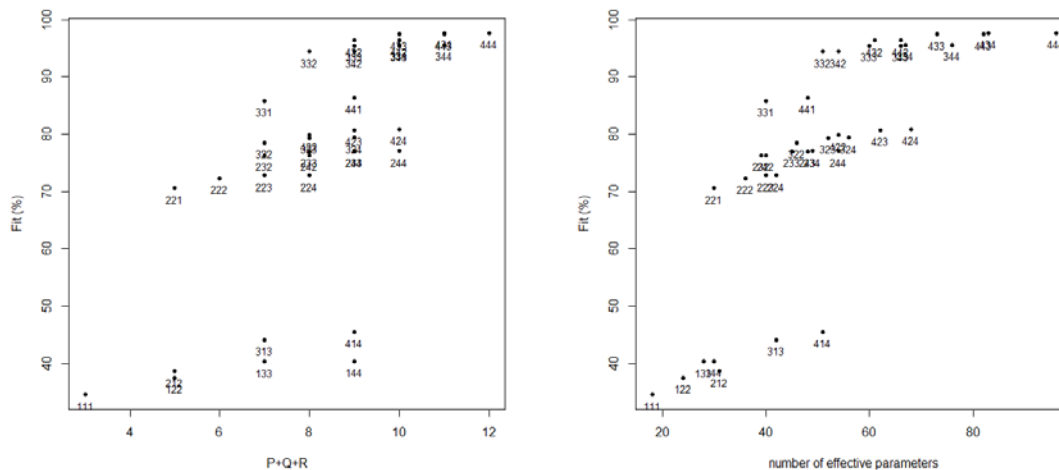


Figura 3-9: Valores de ajuste

Resolviendo el modelo planteado con tres componentes para las comunidades autónomas, tres para los tipos de producción de energía, y dos para los periodos medidos, se obtienen las diversas matrices de coordenadas para los modos A, B y C.

Analizando el valor que cada elemento en cada modo tiene en sus componentes se puede determinar la caracterización que tiene cada uno de ellos. En la Tabla 3-6 se muestran los valores obtenidos. En la Tabla 3-7 se encuentran los valores para la matriz del arreglo central.

	Modo A				Modo B				Modo C	
	A1	A2	A3		B1	B2	B3		C1	C2
A	0.13	0.13	0.64	H	-0.46	0.39	0.66	2006	-0.43	0.50
Ar	0.35	-0.02	0.03	NCF	0.15	-0.74	0.11	2007	-0.35	0.49
As	0.04	0.36	-0.03	Cc	-0.26	0.31	-0.74	2008	-0.06	0.49
V	-0.11	0.20	0.22	RE	0.83	0.45	0.12	2009	0.43	0.38
ClM	0.50	0.16	0.07					2010	0.71	0.36
CyL	0.51	0.23	-0.27							
Cat	-0.10	0.62	0.22							
Ex	-0.17	0.52	-0.06							
G	0.47	0.05	-0.18							
PV	-0.04	-0.04	0.28							
Ot	0.26	-0.28	0.54							

Tabla 3-6: Valores de los componentes de los Modos A, B y C

Componentes del arreglo central

	B1xC1	B2xC1	B3xC1	B1xC2	B1xC2	B3xC2
A1	2.51	2.93	0.45	5.10	-0.05	-0.06
A2	0.89	0.59	0.19	-0.01	-9.28	0.05
A3	1.80	0.34	-0.40	0.00	0.04	-8.71

Tabla 3-7: Valores de los componentes del arreglo central

Dependiendo de nuestras necesidades podemos realizar unos gráficos u otros, de entre las siete posibles representaciones que podemos obtener: tres se corresponden con los planos de cada una de las dimensiones con las demás, tres que nos muestran las trayectorias de dos de las dimensiones con la restante, y una que nos muestra los valores del arreglo central. La interpretación de estos gráficos es similar a la que se realiza en los biplots clásicos.

En la Figura 3-10 mostramos el gráfico de la entidad de las variables del modo B, que se corresponden con los tipos de producción de energía eléctrica.

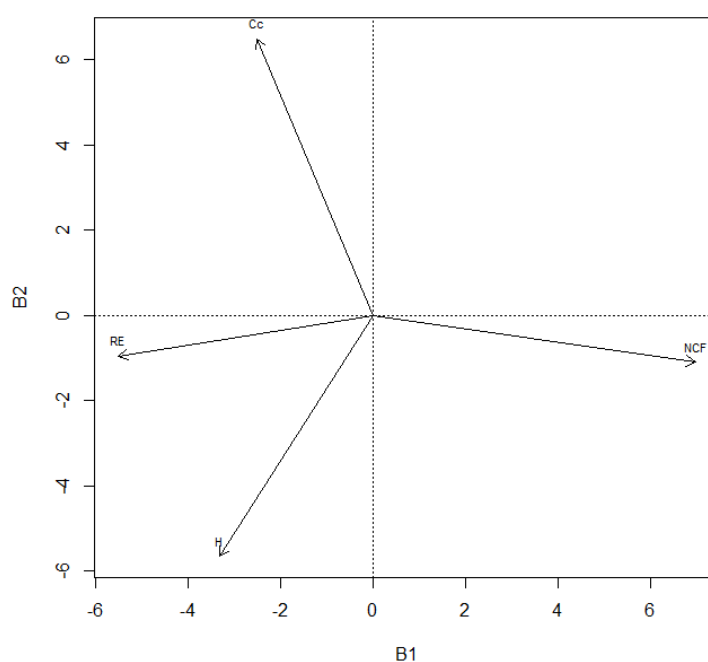


Figura 3-10: Modo B, entidad fuentes de producción de energía

En la Figura 3-11 tenemos el gráfico conjunto de las comunidades autónomas y periodos frente al componente 1 de las fuentes de producción de energía, modo B.

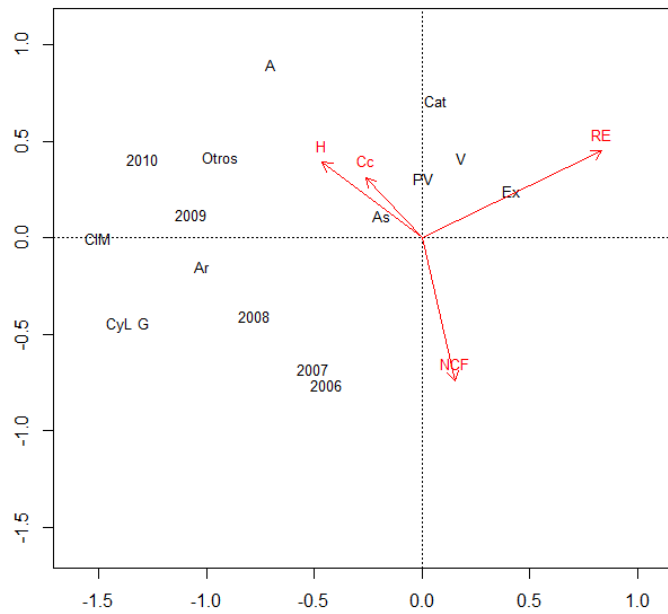


Figura 3-11: Componente 1 del Modo B, con las entidades AxC proyectadas

El desglose de cada uno de los elementos se muestra en la Figura 3-12, en la que hemos dibujado las trayectorias de alguna comunidad autónoma. De forma similar podríamos realizarlo para los restantes componentes y dimensiones.

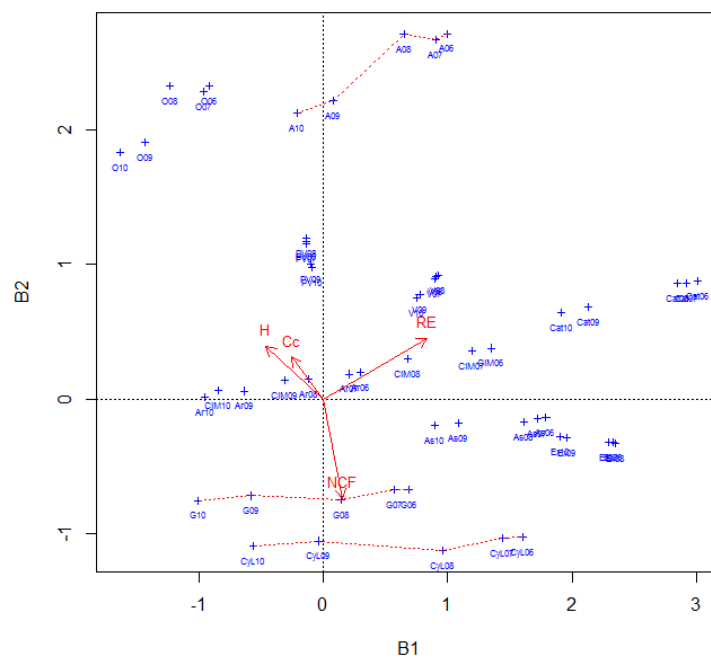


Figura 3-12: Trayectorias de las entidades A y C, con proyección de entidades B

Aunque el algoritmo Tucker3 permite analizar cualquiera de las tres dimensiones respecto de las otras dos, no deja de ser una visión parcial enfocada en una dimensión del cubo de datos.

3.4. Biplot Dinámico

La propuesta de uso de un Biplot Dinámico se justifica por la necesidad de analizar de forma aislada las relaciones de una determinada situación, la situación de referencia, sólo con los datos propios de dicho escenario, lo que nos da un conocimiento óptimo de la misma. Cuando proyectamos el resto de los datos sobre el análisis anterior y dibujamos sus trayectorias obtenemos su dinámica y las relaciones que existen tanto de los individuos como de las variables, sin perder la perspectiva de la situación de referencia.

Los datos que utilizamos para realizar el Biplot Dinámico son de tres dimensiones, comunidades autónomas, tipo de energía producida y años de producción. La situación de referencia la fijamos en este caso en el año 2010 que es la última situación conocida, aunque podría ser cualquiera, ajustándose tanto a estudios prospectivos como retrospectivos. Los cálculos han sido realizados con el paquete **dynBiplotGUI** del entorno estadístico R, realizado como parte de esta tesis para dar soporte operativo al Biplot Dinámico y que se presenta en el capítulo 4.

Realizamos un análisis HJ-Biplot con los datos del periodo 2010, centrados y estandarizados. La inercia acumulada en el plano 1-2 es del 72%, similar a la obtenida con las técnicas anteriormente vistas. El resultado lo vemos en la Figura 3-13.

Sin embargo, existe una importante diferencia: tal y como vemos en la Tabla 3-8, la variable NCF está mal representada en el plano 1-2. Recordemos que la variable NCF la generamos artificialmente agrupando las cifras originales de producción eléctrica de fuentes nuclear, carbón y fuel/gas, que son tecnologías muy diferentes entre sí, lo que se hace notar en el análisis. En la Tabla 3-9 aparecen las contribuciones de los individuos. En ambos casos, los datos están referidos al año 2010.

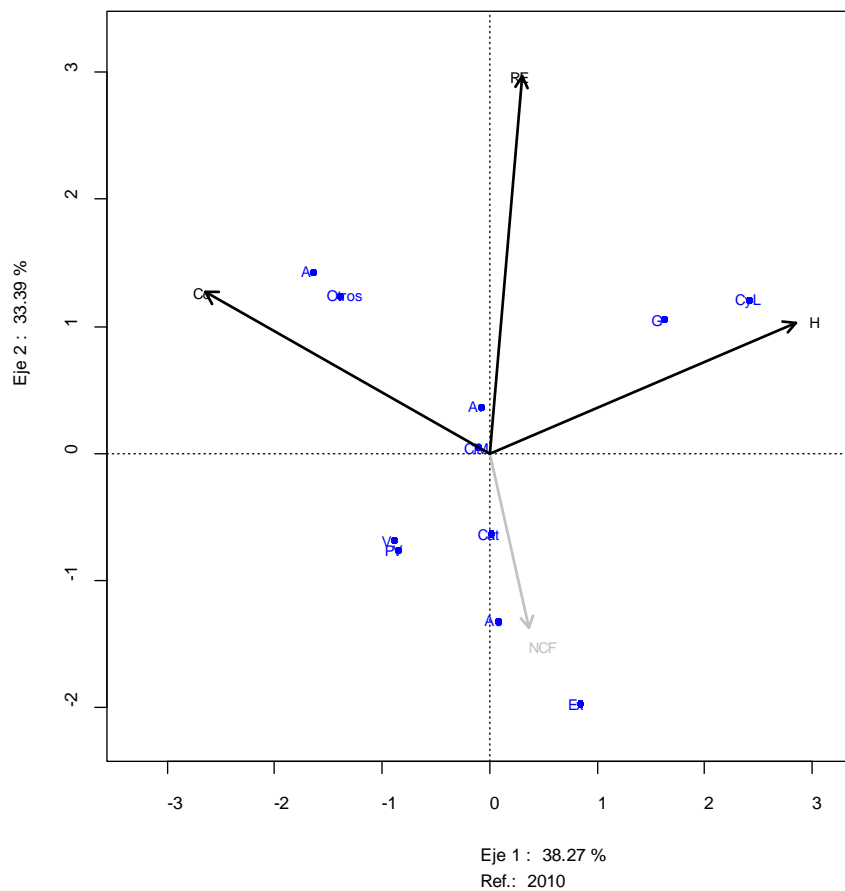


Figura 3-13: Biplot Dinámico, paso 1, análisis de la situación de referencia 2010

	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4
H	811	106	15	67
NCF	14	189	795	3
Cc	697	160	82	61
RE	9	880	61	49

Tabla 3-8: Contribuciones del factor al elemento, columnas

	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4
A	501	383	104	12
Ar	10	204	768	18
As	2	668	329	0
V	545	324	11	121
CIM	9	1	34	956
CyL	784	198	9	9
Cat	0	67	932	1
Ex	153	832	13	2
G	702	297	0	1
PV	246	193	551	10
Otros	520	413	66	0

Tabla 3-9: Contribuciones del factor al elemento, filas

La interpretación de las variables es que el eje 1, el que recoge la mayor variabilidad (38%), se caracteriza por las variables de producción hidráulica y de ciclo combinado aunque una es en gran medida contraria a la otra. El eje 2 viene caracterizado por la variable de producción eléctrica en régimen especial. Respecto a los individuos, las comunidades autónomas, sólo ocho de ellas podemos considerarlas suficientemente bien representadas en este plano. La producción de energía hidráulica se realiza en Castilla y León y Galicia, mientras que en Andalucía domina la producción de energía en centrales de ciclo combinado.

La situación analizada hasta aquí se corresponde con el año 2010. En la Figura 3-14 podemos observar la diferencia existente entre los diversos periodos, analizados cada una de ellos de forma independiente.

En el año 2009 obtenemos una inercia acumulada en la plano 1-2 del 74% estando todas las variables suficientemente bien representadas. El año 2008 recoge una inercia del 82% con todas las variables bien representadas. El año 2007 tiene una inercia en el plano 1-2 de 79% con todas las variables bien representadas. Por último, el año 2006 tiene una inercia del 79% con las variables bien representadas.

En estas situaciones se observan estructuras similares pero no idénticas y es esta variación la que nos mostrará el segundo paso del Biplot Dinámico.

Así por ejemplo, aunque en las cuatro situaciones mostradas el eje 1 está caracterizado por las variables NCF y Cc, en el año 2008 la variable NCF está muy próxima al eje, pero esta situación es claramente diferente de la situación del año 2010 en que esta variable, además de no estar bien representada, caracteriza al eje 2.

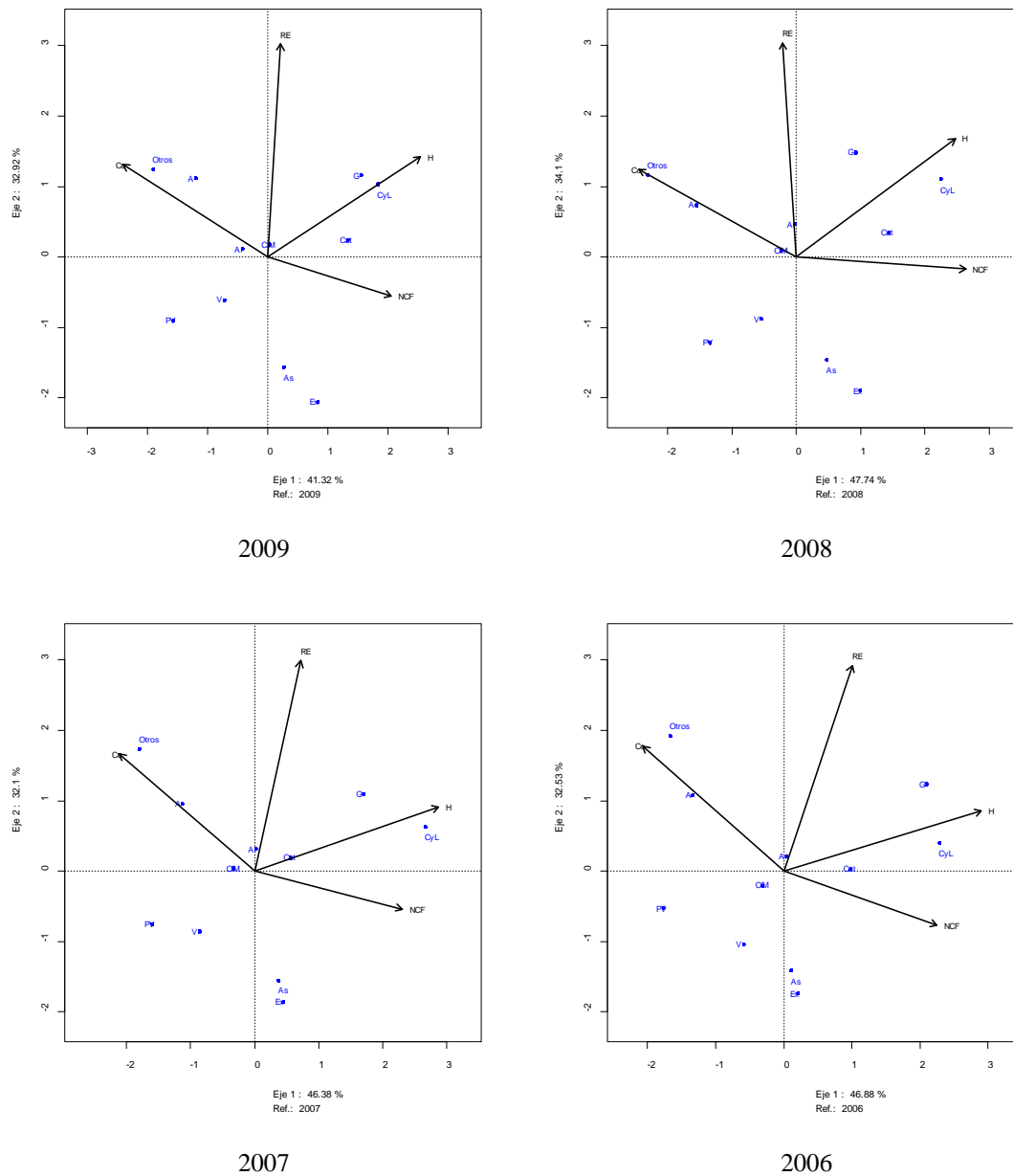


Figura 3-14: Análisis biplot de los diferentes periodos, de 2009 a 2006

Como también cabe esperar, no todas las comunidades autónomas están igualmente representadas en todas las situaciones.

En la Tabla 3-10 exponemos un resumen de la inercia acumulada en el plano 1-2 para cada una de ellas.

	2010	2009	2008	2007	2006
A	884	638	790	480	590
Ar	214	248	290	108	56
As	670	914	952	927	990
V	869	738	861	849	963
ClM	10	17	36	147	162
CyL	982	861	982	950	978
Cat	67	362	471	133	245
Ex	985	964	983	978	960
G	999	818	809	887	903
PV	439	827	865	814	862
Otros	933	983	991	961	969

Tabla 3-10: Inercia acumulada en el plano 1-2 en cada periodo

El segundo paso del Biplot Dinámico consiste en proyectar los datos de las restantes situaciones sobre el gráfico obtenido de la situación de referencia, año 2010, uniendo cada uno de los puntos de los individuos y de las variables con los puntos correspondientes a las demás situaciones, en el orden adecuado, generando así sus trayectorias.

El gráfico completo de todas las comunidades autónomas, todas las variables y todas las situaciones, con sus correspondientes etiquetas y trayectorias, lo mostramos en la Figura 3-15.

Se pone de manifiesto uno de los grandes problemas de la representación de un conjunto grande de datos: la cantidad de elementos que se muestran impiden poder identificar cada uno de ellos, pudiendo hacer inservible el análisis realizado. Los programas de ordenador, que nos resultan imprescindibles para poder realizar análisis multivariantes, también son los que superponen los componentes en el gráfico e impiden sacar conclusiones. La manipulación manual del gráfico a posteriori tampoco resulta eficaz al ser muy laboriosa y no resolver con satisfacción el problema debido a las limitaciones de espacio existentes.

La solución pasa por disponer de un programa que nos permita clarificar el gráfico, filtrando o eliminando los componentes que no sean significativos, resaltando aquellos en los que queremos centrarnos, y permitiéndonos reubicar aquellos elementos complementarios como pueden ser las etiquetas de los elementos.

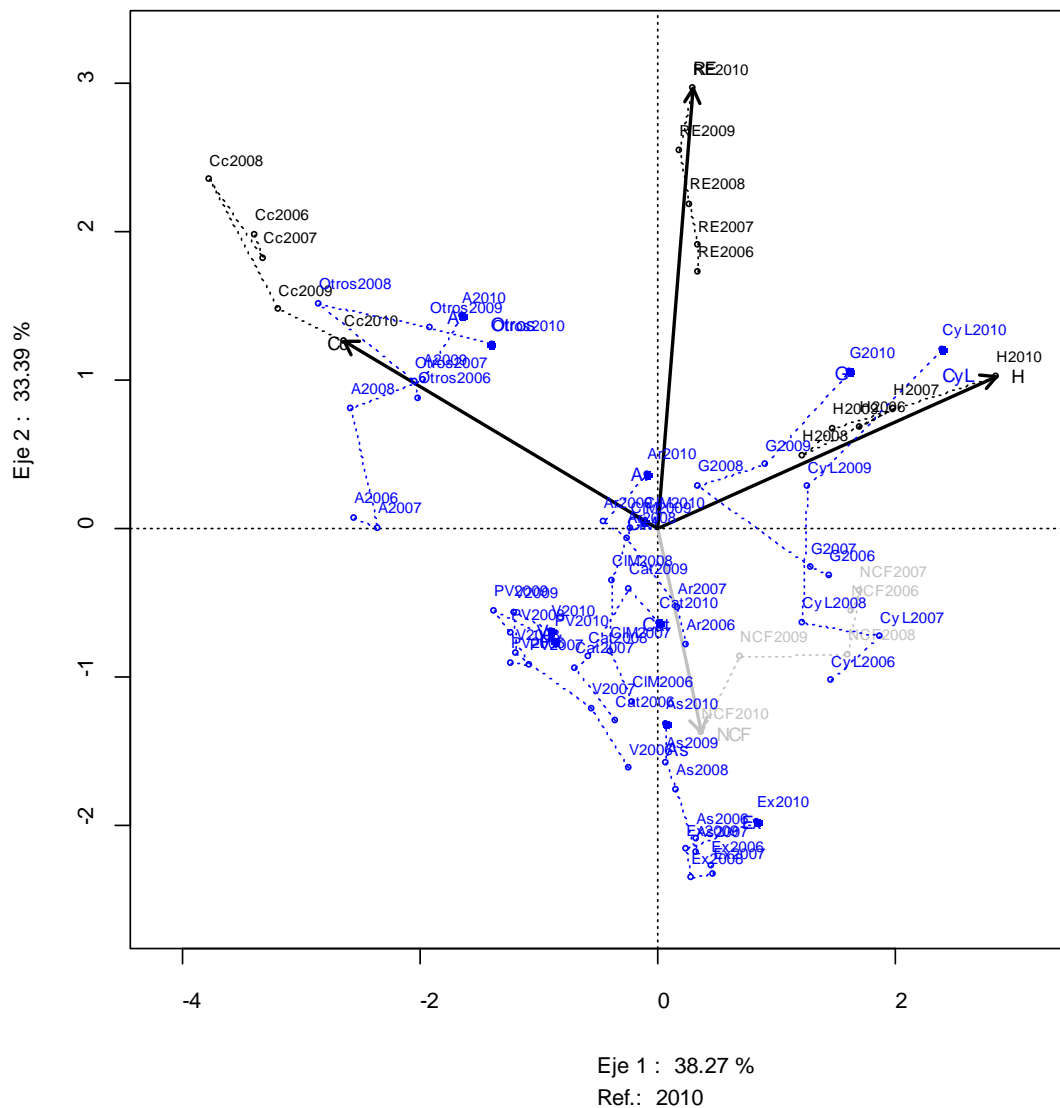


Figura 3-15: Biplot Dinámico, paso 2, con todos los elementos

Si en la solución obtenida eliminamos las etiquetas de todas las trayectorias y mostramos solamente las comunidades autónomas con una inercia en el plano 1-2 mayor de 500, conseguimos un gráfico mucho más explicativo del mismo análisis biplot, como vemos en la Figura 3-16.

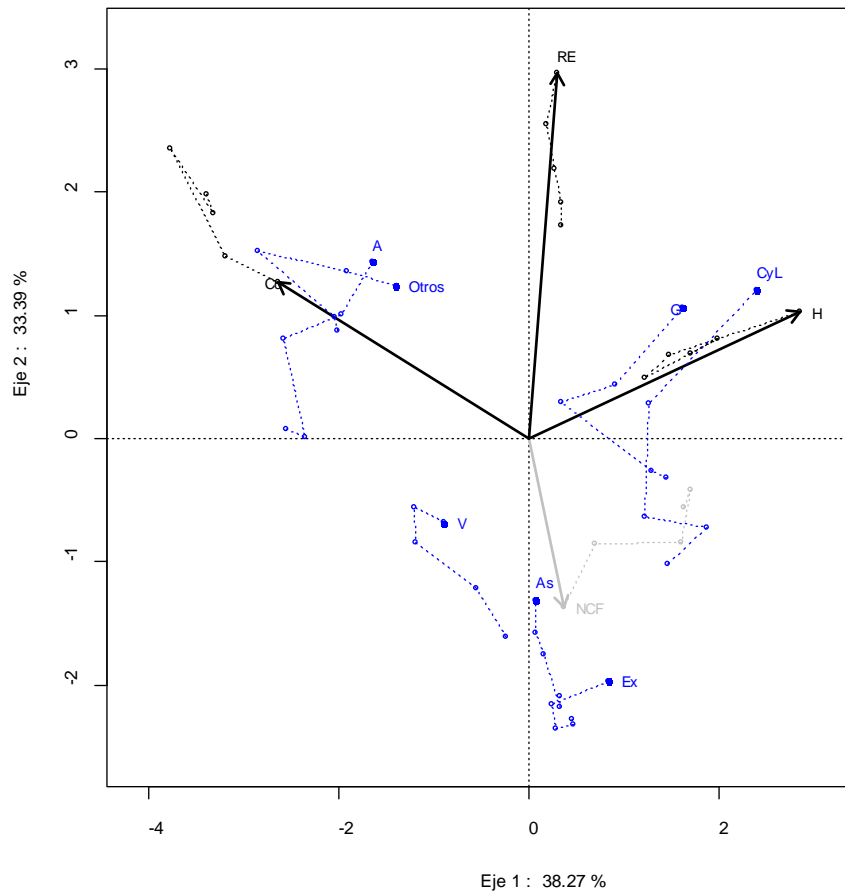


Figura 3-16: Trayectorias en Biplot Dinámico

En esta Figura 3-16 aparecen las trayectorias de las variables y de los individuos. Se observa una trayectoria creciente en la producción de energía proveniente de fuentes de régimen especial y una disminución de la generada proveniente de fuentes de ciclo combinado. La energía hidráulica presenta una trayectoria descendente en los primeros periodos para incrementarse fuertemente en el resto. La variable NCF, no están bien representada en el plano 1-2 de la situación de referencia.

Las trayectorias que han tenido las comunidades autónomas nos muestran la variación que cada una de ellas ha presentado durante el periodo estudiado y referenciadas al tipo de producción de energía eléctrica. Si resaltamos en el gráfico las trayectorias de las comunidades autónomas de Andalucía y Castilla y León, podemos ver que, hasta la situación de referencia, Andalucía tiene una trayectoria con ligera modificación en la producción de energía con la tecnología de ciclo combinado pero con un incremento

apreciable hacia tecnologías de producción en régimen especial, como se puede apreciar claramente en la Figura 3-17.

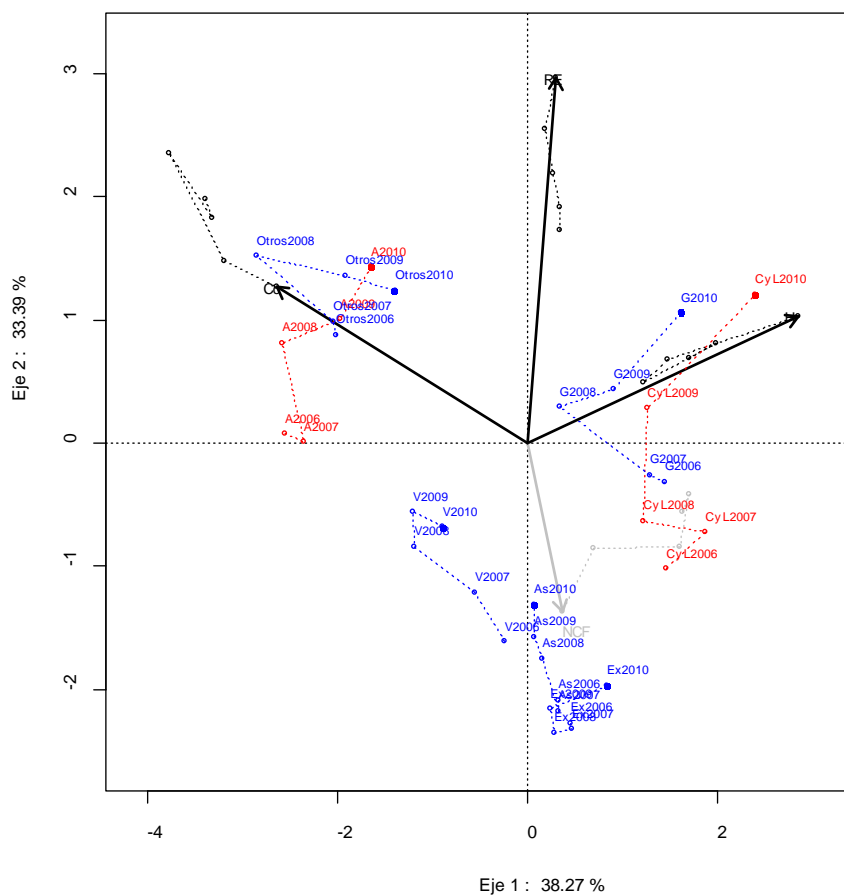


Figura 3-17: Trayectorias resaltadas de individuos

Si observamos la trayectoria que ha tenido Castilla y León se ve que su producción de energía eléctrica se realiza fundamentalmente con fuente de tipo hidráulico, incrementándose los años de abundancia de lluvias, pero también se observa un crecimiento de producción de energía en régimen especial y una disminución en el uso de energías provenientes de fuentes NCF.

Al realizar el análisis Biplot Dinámico se obtienen las medidas de bondad de ajuste de las regresiones realizadas (Tabla 3-11 y Tabla 3-12). Se puede observar que la variable NCF que no está bien representada en el plano 1-2 del análisis biplot tiene los coeficientes

de determinación de las regresiones efectuadas con valores bajos y que el p-valor del estadístico F del ANOVA de las regresiones tiene valores no significativos.

	2006	2007	2008	2009	2010
H	0,8994	0,9241	0,7964	0,7825	0,9173
NCF	0,3142	0,3373	0,3834	0,2077	0,2025
Cc	0,7648	0,7741	0,8501	0,8783	0,8569
RE	0,8045	0,8436	0,8551	0,8364	0,8899

Tabla 3-11: Coeficientes R² de las regresiones realizadas

	2006	2007	2008	2009	2010
H	35,76 ,000	48,708 ,000	15,642 ,001	14,387 ,002	44,363 ,000
NCF	1,833 ,221	2,036 ,192	2,487 ,144	1,049 ,0394	1,015 ,404
Cc	13,009 ,003	13,704 ,003	22,686 ,000	28,861 ,000	23,95 ,000
RE	16,455 ,001	21,576 ,000	23,614 ,000	20,445 ,000	32,332 ,000

Tabla 3-12: Estadístico F del ANOVA de las regresiones y sus p-valor

Si comparamos estos resultados con los obtenidos en la Figura 3-8 en la que analizamos todos los datos en una matriz yuxtapuesta, se puede observar que, por ejemplo, las trayectorias de las comunidades autónomas de Galicia y Castilla y León, que están bien representadas en ambos análisis, son diferentes aunque guardan un cierto parecido, pero su relación con otras variables cambia al variar la correlación de las variables en los análisis, agravado con el hecho de que la variable NFC no está bien representada en el análisis HJ-Biplot de la situación de referencia. Por otra parte, la comunidad autónoma de Andalucía estaba mal representada en el plano 1-2 del primer análisis, mientras sí lo está en el análisis de la situación de referencia, pudiendo obtener su trayectoria.

El análisis realizado con el algoritmo Tucker3 es más complejo de preparar y de ejecutar, así como realizar la interpretación de sus resultados al ofrecernos un conjunto de gráficos (siete en nuestro ejemplo) que deben ser analizados de forma independiente, en los que nos va dando los diversos aspectos de los elementos que vamos estudiando.

En este ejemplo hemos ilustrado cómo la técnica de Biplot Dinámico contribuye con una información importante al complementar el estudio de la situación de referencia, realizado generalmente con un análisis HJ-Biplot, con la información dinámica aportada por las trayectorias generadas con los elementos de las restantes situaciones medidas, tanto de las variables como de los individuos, en la misma representación.

Capítulo 4. Programa dynBiplot

Capítulo 4. Programa dynBiplot

4.1. Justificación del programa

La teoría del Biplot Dinámico, y cualquier otra de similares características, no tendrá transcendencia si no se da a conocer y no se facilita una herramienta que permita al lector realizar los cálculos en consonancia con la teoría. En el mundo en que nos movemos, en el que toda la gente tiene prisa y una infinidad de opciones a su disposición, un lector interesado dejará de estarlo si al intentar utilizar un medio no obtiene resultados satisfactorios en un escaso periodo de tiempo.

Por estos motivos se ha considerado que un objetivo de la presente tesis es la creación de un programa que dé soporte a la nueva teoría que se ha desarrollado, el Biplot Dinámico, que permita a cualquier usuario sin conocimientos de informática y sin conocimientos de la propia teoría del Biplot Dinámico, poder realizar su análisis y facilitarle la obtención de conclusiones. Es evidente que dicho usuario debe tener los conocimientos mínimos de interpretación de los métodos biplot.

4.1.1. Especificación de requisitos

Para acercarnos al objetivo mencionado, se han establecido los requisitos que debe cumplir el programa:

- No volver a desarrollar aquello que ya esté desarrollado en otro programa. Si ya existe un programa que cubra gran parte de los requerimientos, no hacer otro similar, sólo complementarlo, o incorporar ese fragmento.
- Accesible a la mayor cantidad posible de usuarios.
- Con soporte para varios idiomas.
- De fácil distribución.
- De fácil instalación.
- Entorno gráfico y funcional, que no provoque el rechazo del usuario.

- Debe ser sólido, carente de errores propios y evitar en lo posible errores de usuario.
- Debe ser rápido en su ejecución, para poder tratar grandes matrices de datos, y con un uso eficiente de recursos de procesador y de memoria del ordenador.
- Sus resultados deben poder ser incorporados de una manera fácil y eficiente, con los menores retoques posibles, a otros programas y procesadores de texto.
- Fácil de mantener.

4.1.2. Valoración de alternativas

Antes de desarrollar un nuevo módulo de software hemos de verificar que no podemos disponer de uno ya existente. La teoría desarrollada por nosotros, el Biplot Dinámico, no puede estar cubierta por ningún programa actual, pero si encontramos uno que se adapte a nuestros requisitos será más fácil complementar dicho software, ya sea con un módulo complementario o proponiendo al autor del programa adoptar nuestras tesis, que desarrollar un módulo nuevo completo.

Los programas estadísticos comerciales más conocidos como **SPSS** (IBM Corporation and SPSS Inc 2010), **Minitab** (Minitab 2007), **SAS** (SAS Institute 2010) o **Stata** (StataCorp LP 2012) son capaces de realizar gráficos biplot aunque son bastante complicados de manejar y la funcionalidad aportada no cubre, en muchas ocasiones, nuestras necesidades. Un programa más completo es **STATISTICA** (StatSoft Inc 2013). El coste de adquisición de estos programas puede ser importante y nuestra capacidad para que adopten la teoría desarrollada es nula. Existe un conjunto de programas dedicados a los análisis biplot que ofrecen más funcionalidad, como es el caso de **GGEbiplot** (Yan and Kang 2011), e incluso complementos para Excel como **BrandMap** (WRC Research Systems, Inc. 2012). Se puede ver una relación más detallada en *BiplotGUI: Interactive Biplots in R* (Grange, Roux, and Gardner-Lubbe 2009).

Hay otros programas que se pueden usar sin coste, como **XLS-Biplot** (Udina 2005), o el programa **MultBiplot** (Vicente Villardón 2010) que es el programa más completo referido a los métodos biplot. Como crítica a este último es que para usarlo necesita tener instalado la biblioteca del programa Matlab Compiler Runtime que consume muchos

recursos, y para desarrollarlo se necesita una licencia de **Matlab** (The MathWorks, Inc. 2013); así mismo, se ha comprobado que para el tratamiento de matrices de un cierto tamaño (5000 filas \times 25 columnas)¹ el tiempo de cálculo del proceso puede superar los 30 segundos. Salvo el programa **Multbiplot**, ninguno de los mencionados hasta ahora resuelve un análisis HJ-Biplot (Galindo 1986).

Como contrapunto a los programas propietarios se encuentra el entorno estadístico R (R Core Team 2012a) y es software libre. “R es un lenguaje y un entorno para el cálculo estadístico y gráfico... R ofrece una gran variedad de técnicas estadísticas... y gráficas, y es altamente extensible²”. En la actualidad hay más de seis mil paquetes que complementan el entorno y que pueden ser descargados de CRAN³ (R Core Team 2012b) y utilizados libremente. El código fuente de todos los paquetes está disponible, lo que permite estudiarlos y reutilizarlos parcial o totalmente, bajo las condiciones de licencia, generalmente GPL⁴. R está considerado como el estándar de facto para el cálculo estadístico (Greenacre 2007).

R es un entorno multiplataforma: su código puede funcionar en las diversas versiones de los sistemas operativos Linux, MacOS X y Windows lo que hace que pueda ser utilizado por la práctica totalidad de los usuarios del mundo.

Por último, al ser asimismo un entorno de desarrollo, con su lenguaje específico también llamado R, permite desplegar sobre él teorías recién desarrolladas y, por extensión, acceder a los últimos desarrollos del resto de investigadores.

El principal problema que se achaca a R es su aparente austeridad que no facilita el uso a personas no iniciadas; incluso utilizando R en entornos gráficos como Windows te enfrentas a una ventana en blanco donde tienes que escribir los comandos a ejecutar y los resultados salen en la propia ventana entremezclados con las instrucciones. Es cierto. Pero en cuanto conoces un poco la filosofía del entorno observas la gran potencia y versatilidad que te confiere, incluidos los gráficos elaborados que puedes obtener. Por otra parte, cada

¹ Todas las pruebas de los diversos programas realizadas que se mencionan en este capítulo han sido realizadas en el mismo ordenador, con los mismos datos y en condiciones similares.

² www.r-project.org

³ CRAN es una red de transferencia de ficheros y servidores web distribuidos a lo largo de todo el mundo, que almacenan las versiones de código y documentación de R.

⁴ GPL: Licencia General Pública de GNU.

vez hay más paquetes que crean interfaces gráficas de usuario (GUI¹) que permiten manejar en parte los comandos sin conocer su sintaxis, o personalizar la salida gráfica obtenida. El paquete gráfico más conocido para el manejo del entorno es **R Commander** (Fox 2005). **GrapheR** (Hervé 2011) está pensado para la generación y personalización de gráficos.

Existe en R un conjunto de paquetes que resuelven el análisis biplot. Alguno es básico como el paquete **bpca** (Faria and Garcia Borges 2011) y otros muy desarrollados como los paquetes **BiplotGUI** (Grange et al. 2009) y **ade4** (Dray, Dufour, and Chessel 2007), que al igual que **vegan** (Oksanen et al. 2012) se desarrollan para datos ecológicos, o **calibrate** (Graffelman 2012). Para usar estos paquetes necesitas tener los datos preparados previamente y conocer las instrucciones que vas a ejecutar. En el caso del paquete **BiplotGUI**, que es un interfaz gráfico como viene indicado en su nombre, está enfocado al análisis y tratamiento interactivo de las gráficas obtenidas. El paquete **ade4TkGUI** (Thioulouse and Dray 2007) es complementario a **ade4** y es un interfaz gráfico orientado a la entrada de datos y a la ejecución del análisis, aunque no incluye todos los existentes en el primero; el tratamiento de la salida no es nada intuitivo y es limitado. Los paquetes mencionados resuelven, entre otros tipos de análisis, los biplots clásicos (Gabriel 1971) pero ninguno de ellos, salvo **bpca**, realiza el análisis HJ-Biplot (Galindo 1986).

Recientemente se han desarrollado otros paquetes en R con interfaz gráfico que sí incluyen el análisis HJ-Biplot, son los paquetes **GGEbiplotGUI** (Frutos Bernal and Galindo 2012), **multibiplotGUI** (Nieto Librero et al. 2012) y **biplotbootGUI** (Nieto Librero and Galindo Villardon 2013). Los tres, bastante similares en cuanto a su estructura, utilizan una interfaz gráfica simple para la adquisición de datos y consiguen una cierta personalización en la salida. Tienen, bajo nuestro punto de vista, unas grandes limitaciones: una interfaz gráfica simple, una captura de recursos de memoria del ordenador que no liberan y, sobre todo, un gran problema de rendimiento tratando matrices de cierto tamaño (5000 filas \times 25 columnas) con un tiempo de cálculo del análisis superior a 50 segundos.

¹ GUI: Graphical User Interface

Para la representación de biplots logísticos se han desarrollado los paquetes **NominalLogisticBiplot** (Hernandez-Sanchez and Vicente-Villardón 2013a) y **OrdinalLogisticBiplot** (Hernandez-Sanchez and Vicente-Villardón 2013b).

4.2. Características y Funcionalidades de dynBiplot

Utilizamos el entorno R para desarrollar un programa que llamamos **dynBiplot** que dé soporte a la teoría del Biplot Dinámico. El programa **dynBiplot** está incluido para su publicación en el paquete **dynBiplotGUI**. El nombre se ha compuesto con el principio de la palabra ‘dynamic’, la identificación del método ‘Biplot’, y el acrónimo inglés de interfaz gráfico de usuario ‘GUI’, para que las personas interesadas sean capaces de identificar el objeto del paquete sólo con el nombre: interfaz gráfico para realizar biplot dinámico.

El paquete **dynBiplotGUI** fue publicado en CRAN por primera vez el 4 de noviembre de 2013.

4.2.1. Cumplimiento de requisitos

El uso de R ya cumple con algunos de los requisitos planteados: accesible a una gran cantidad de personas y fácil distribución al utilizar la infraestructura CRAN de R. Como valor añadido, al ser R un entorno multiplataforma, el programa construido puede ser ejecutado en los sistemas operativos utilizados por la mayoría de los ordenadores personales. El lenguaje R es un lenguaje de programación orientado a objetos¹, interpretado², y no se necesita hacer una compilación³ en cada sistema operativo para obtener el código objeto⁴ ejecutable en cada uno de ellos. Para garantizar esto, es

¹ Programación Orientada a Objetos (OOP): forma de programación que usa objetos que tienen un estado, un comportamiento definido por los métodos, y una identidad.

² Lenguaje de programación interpretado: el ordenador traduce el código fuente del programa a código máquina entendible por el procesador en el momento de ejecutar cada comando.

³ Compilación: proceso del ordenador que utilizando el código fuente genera el código máquina entendible directamente por el procesador.

⁴ Código objeto o código máquina: instrucciones de programa que son directamente ejecutadas por el procesador del ordenador.

necesario asegurarse de no utilizar elementos que sólo estén soportados en un sistema operativo determinado.

El entorno R no contiene comandos que permitan generar un interfaz gráfico para el usuario. Entendemos por entorno gráfico al conjunto de ventanas, marcos, botones, listas y demás elementos gráficos, que permiten enmascarar los comandos del programa por elementos más cercanos e intuitivos a las personas. Para generar un entorno gráfico tenemos que recurrir a otros lenguajes externos a R, como es Tcl/Tk (Ousterhout 1994). Tcl, y su extensión Tk, es un lenguaje de programación interpretado de alto nivel que utiliza comandos potentes y fáciles de mantener, que pueden ser redefinidos y sobrescritos de manera dinámica, lo que le confiere una gran potencia.

Uno de los requisitos que nos hemos impuesto es que el paquete tiene que ser fácil de instalar. Si utilizamos elementos externos a R que requieran ser instalados previamente para el funcionamiento del módulo, es probable que el usuario desista de utilizarlo. El uso de Tcl/Tk en R no plantea problemas especiales de instalación ya que el paquete **tcltk2** (Grosjean 2012) existente en CRAN, incluye este lenguaje y hace de nexo de unión entre ambos entornos de una forma transparente para el usuario, permitiendo integrar toda la potencia de este lenguaje gráfico en R.

El uso de Tcl/Tk nos permite cumplir con otro de los requisitos planteados: generar una interfaz gráfica para el usuario que le facilite su utilización. El hacerlo funcional y atractivo sólo depende de nuestra habilidad como programadores.

Un programa de ordenador tiene que estar libre de errores propios. Sin embargo, esta condición es muy difícil de cumplir debido a la gran cantidad de opciones internas que existen. Un proceso de pruebas metódicas y exhaustivas permite obtener un software libre de errores. Una fuente importante de errores son las actuaciones no previstas que realiza el usuario. El programa tiene que prever en lo posible estas actuaciones y debe validar todos aquellos puntos susceptibles de error. Una forma de evitar errores de usuario es guiarlo a través del programa, desactivando y activando opciones dependiendo de los pasos que se vayan realizando y dotando al programa de elementos de ayuda que lo orienten.

El ciclo de vida de un programa incluye el control de las versiones que se van realizando. Es importante, sobre todo a medida que las modificaciones se extienden en el

tiempo, que los cambios que se hagan no destruyan el trabajo anterior y que éstas se puedan hacer de una forma eficiente. El código fuente debe estar estructurado y documentado, pero no se debe caer en el error de pensar que es un ‘libro’ escrito para otra persona. Al ser un lenguaje interpretado tiene que ser un código compacto y eficiente.

Por último, y no menos importante, un programa debe utilizar eficientemente los recursos del ordenador en el que funciona. Los ordenadores personales actuales tienen gran potencia de cálculo y gran capacidad de memoria, pero no todos los usuarios tienen máquinas potentes, y cada vez es más frecuente encontrarnos con grandes matrices de datos. Un mal uso de los recursos puede hacerlo inoperativo. El uso de bucles es uno de los motivos habituales de consumo innecesario de recursos. El módulo **dynBiplot** no utiliza bucles para los cálculos y es capaz de realizar el tratamiento de matrices de un cierto tamaño (5000 filas \times 25 columnas) de una forma prácticamente instantánea debido al tratamiento matricial que realiza de los datos.

4.2.2. Funcionalidades

Las funcionalidades desarrolladas en el programa **dynBiplot** van encaminadas a resolver de forma eficiente el objetivo para el que ha sido creado: la realización del análisis Biplot Dinámico.

Funcionalidades generales

Las funcionalidades que afectan al programa de forma general son las siguientes:

- El módulo no necesita de elementos externos al entorno R. Todos sus recursos son paquetes estándar obtenidos y descargados desde CRAN.
- Se puede elegir el idioma con el que se desea trabajar. Inicialmente está desarrollado para los lenguajes español, inglés, francés y portugués, pero es fácilmente extensible a cualquier idioma occidental.
- El enfoque dado al proceso es el de tener control global: desde la adquisición de datos hasta la obtención del análisis en su aspecto final.
- Es un entorno gráfico completo: abarca desde la carga de datos y su formato hasta la selección de condiciones del análisis, incluyendo los elementos a mostrar en el gráfico.

- Contiene un conjunto de paneles separados que permite una mejor comprensión de las fases del análisis, aislando cada una de ellas de las demás, guiando al usuario y evitando errores.
- Al posicionar el cursor sobre los diversos elementos que componen la interfaz, aparecen unas etiquetas emergentes que orientan al usuario para la utilización de cada elemento.
- En todos los paneles existe un botón ‘?’ para activar la ayuda correspondiente a las opciones del panel. Inicialmente la ayuda se muestra en español y en inglés, según el idioma seleccionado al ejecutar el programa; si se usa alguno de los otros idiomas admitidos la ayuda se mostrará en inglés.
- El entorno gráfico se va adaptando a las características que se seleccionan.
- Todo el tratamiento de datos y la obtención de gráficos se hace sin bucles, lo que permite obtenerlos de forma casi instantánea, aún en grandes matrices.
- Todos los datos y variables visibles utilizados por el programa tienen el prefijo ‘b.’ si son permanentes y ‘bt.’ si son temporales, lo que permite identificarlos fácilmente desde la consola de R.
- Al cerrar el programa de forma ordenada se eliminan todos los datos temporales y se dejan los permanentes para poder reutilizarlos.
- El tratamiento de datos se guarda en ficheros del entorno R, lo que permite aislar cada fase, evitar errores y facilitar el desarrollo.
- La estructura dada al programa permite que pueda ser ampliado con otros métodos de análisis u otros recursos gráficos de forma fácil sin interferencia con lo ya realizado.

Funcionalidades para la entrada datos

El objeto de esta solapa es realizar la carga de datos con los que va a trabajar el programa. Las funcionalidades del programa encaminadas a la obtención de los datos son las siguientes:

- El panel se identifica con una franja de color amarillo.

- Se controla que no se puede ejecutar ningún análisis si previamente no se han cargado datos y generado las matrices en esta fase.
- Se pueden leer datos de diversas fuentes. En la actualidad se reconocen datos Excel, archivos ya existentes en el entorno R, archivos de texto, o incluso desde el portapapeles. Desde la versión 1.1.1 también SPSS y se ha cambiado la lectura de Excel por archivos CSV¹.
- Una vez cargados los datos no se permite volver a leerlos.
- Cuadros de diálogo flexibles dependiendo de los datos a ser leídos.
- Los datos leídos de una matriz pueden tener estructura de 2 ó 3 vías.
- Se pueden leer los formatos de los datos a aplicar en los gráficos desde archivos ubicados en el entorno R.
- Las etiquetas de las filas pueden estar incluidas en cualquier columna de la matriz leída.
- Si la matriz tiene una estructura de 3 vías, la tercera dimensión puede estar definida por cualquiera de las columnas de la matriz leída.
- Al terminar con esta fase se generan las matrices de datos que permanecerán en el entorno: la matriz de datos y las matrices de formatos.
- Se chequean los datos leídos para evitar errores posteriores.
- Se mantiene siempre visible a pie de la ventana principal el nombre del archivo de datos cargado.
- Al generar las matrices de datos se deshabilita el botón que las genera, para controlar el flujo y evitar errores.
- Una vez generadas las matrices:
 - No se permite la recarga de datos. Sería necesario cerrar el programa y volver a lanzarlo.
 - Se cargan los elementos gráficos de las fases de formato de datos y selección de variables.
 - Se transfiere el control a la solapa *Variables*.

¹ CSV: comma-separated values

- Se muestran dos botones para poder editar las matrices de formatos de los individuos y de las variables.

Funcionalidades para el formato de datos

El objeto de esta solapa es ajustar los formatos de los elementos identificadores de los marcadores fila y columna que se van a utilizar para construir el gráfico. Por el panel de *Formato* no se pasa de forma automática, aunque si el usuario lo desea puede hacerlo. Las funcionalidades del programa encaminadas a realizar el formato de los datos son las siguientes:

- El panel se identifica con una franja de color salmón.
- Permite introducir el título a mostrar en el gráfico biplot, con opción de ser mostrado o no.
- Permite introducir un subtítulo para el gráfico, con opción de ser mostrado o no.
- Se permite cambiar el formato para el gráfico de los individuos, como la etiqueta, color, forma del marcador y posición de la etiqueta respecto al mismo. Si son datos de 3 vías también se puede cambiar el color de la trayectoria.
- Se permite cambiar el formato para el gráfico de las variables, como la etiqueta, color, forma del marcador y posición de la etiqueta respecto al mismo. Si son datos de 3 vías también se puede cambiar el color de la trayectoria.
- Se puede hacer una selección múltiple de elementos para cambiar el formato de todos ellos de forma simultánea.
- Es posible realizar la selección múltiple en base a los valores que contienen las variables.
- Se pueden marcar elementos para no mostrarlos en el gráfico, pero que sí participen en su cálculo, independientemente de la opción de la cantidad de inercia que acumulen.

Funcionalidades para la selección de variables

El objeto de este panel es seleccionar las filas y las columnas de la matriz de datos que se van a utilizar para realizar el análisis. Las funcionalidades del programa encaminadas a realizar la selección de elementos son las siguientes:

- El panel se identifica con una franja de color azul claro.
- Se muestran las filas de la matriz para seleccionar las que se van a utilizar en el análisis.
- Se pueden seleccionar o deseleccionar todos los elementos de una vez mediante los botones gráficos habilitados al efecto.
- Se muestran las columnas de la matriz para seleccionar las que se van a utilizar en el análisis.
- Se pueden seleccionar o deseleccionar todos los elementos de una vez mediante los botones gráficos habilitados al efecto.
- Al terminar la selección se habilita el botón de ejecutar el análisis y se cambia a la solapa *Análisis*.
- Se controla que se hayan seleccionado filas y columnas para evitar errores.
- Se puede volver a esta solapa en cualquier momento y seleccionar nuevamente filas y columnas para realizar otros análisis. No es necesario cerrar el programa.
- Al pulsar el botón *OK*:
 - Se generan las matrices temporales necesarias para realizar el análisis.
 - Se habilita el botón de ejecutar el análisis.
 - Se transfiere el control a la solapa *Análisis*.

Funcionalidades para selección de opciones del Análisis

El objetivo de este panel es establecer las condiciones y las opciones del análisis a realizar. Las opciones por defecto permiten realizar un análisis de inmediato. Las funcionalidades del programa encaminadas a realizar el análisis son las siguientes:

- El panel se identifica con una franja de color verde claro.
- Se dispone de opciones de centrado y escalado.

- Si son datos de 3 vías, se puede usar las medidas de las variables de la situación de referencia (1 vía), de la matriz de referencia (2 vías), o del cubo completo (3 vías), para realizar el estandarizado.
- Selección del análisis biplot deseado.
- Selección del número de ejes a calcular.
- Selección del plano a mostrar en el gráfico.
- Opción de mostrar los ejes.
- Selección de mostrar etiquetas para las filas y para las columnas.
- Selección de elementos a mostrar según la inercia obtenida en el plano, tanto para filas como para columnas.
- En caso de ser datos de 3 vías se muestran las opciones adecuadas para su tratamiento.
 - Selección de la situación de referencia.
 - Opción de tratar la matriz como 2 vías.
 - Opciones de mostrar las trayectorias de filas y/o de columnas.
 - Opciones de mostrar las etiquetas de las trayectorias de las filas y/o de las columnas.
- Al ejecutar el análisis se generan los resultados (no se muestran) y el gráfico en una nueva ventana, adecuado a las opciones seleccionadas.
- Al ejecutar el análisis se habilita el botón de resultados para poder mostrarlos a voluntad.
- Se permite cambiar opciones y seleccionar variables tantas veces se necesite sin tener que cerrar el programa.
- Al cerrar el programa de forma ordenada se eliminan del entorno todas las variables y todos los datos temporales, dejando los datos base y los formatos utilizados para poder reutilizarlos en análisis posteriores.

Funcionalidades de la ventana gráfica

La ventana gráfica se abre automáticamente si no existe y en ella se muestra el gráfico calculado según las opciones habilitadas en ese momento. El contenido del gráfico se regenera completamente cada vez que pulsa el botón *Biplot*.

La ventana gráfica posee tres zonas diferenciadas:

- La zona de menú con las opciones de copiar el gráfico, generar un fichero con él y la opción de cerrar la ventana.
- La zona del gráfico donde se presenta el diagrama.
- La zona del pie de ventana, con las opciones necesarias para realizar un zoom del gráfico, invertir los ejes, o ampliar las coordenadas de los individuos. El zoom se deshabilita al regenerar el gráfico biplot mediante el botón *Biplot*.

4.3. Esquema del programa

La estructura de los elementos del programa **dynBiplot** y su flujo están representados en la Figura 4-1.

En la Figura 4-1 se representan cada una de las cuatro fases en las que se ejecuta el programa: carga de datos, formato de datos, selección de filas y columnas, y opciones de análisis. Cada una de ellas es independiente de las demás. Salvo la carga de datos que una vez realizada no se permite volver a hacerla sin cerrar el programa, las demás fases admiten retornar a ellas tantas veces se considere necesario y en el orden que se precise. Esta funcionalidad dota al programa de la capacidad de realizar el análisis de datos de forma muy ágil al poder cambiar las opciones, ejecutar el análisis con los nuevos requerimientos, analizar los resultados y volver a repetir el proceso tantas veces como se desee.

El flujo entre las diversas fases se realiza de forma exclusiva a través del sistema de datos: cada fase accede a los datos que necesita, realiza su función y vuelve a dejar los datos a disposición de las demás fases. Este mecanismo hace que el programa sea muy robusto, permite aislar los problemas en cada panel y facilita el mantenimiento del programa al centrar cada función en la etapa para la que está diseñada.

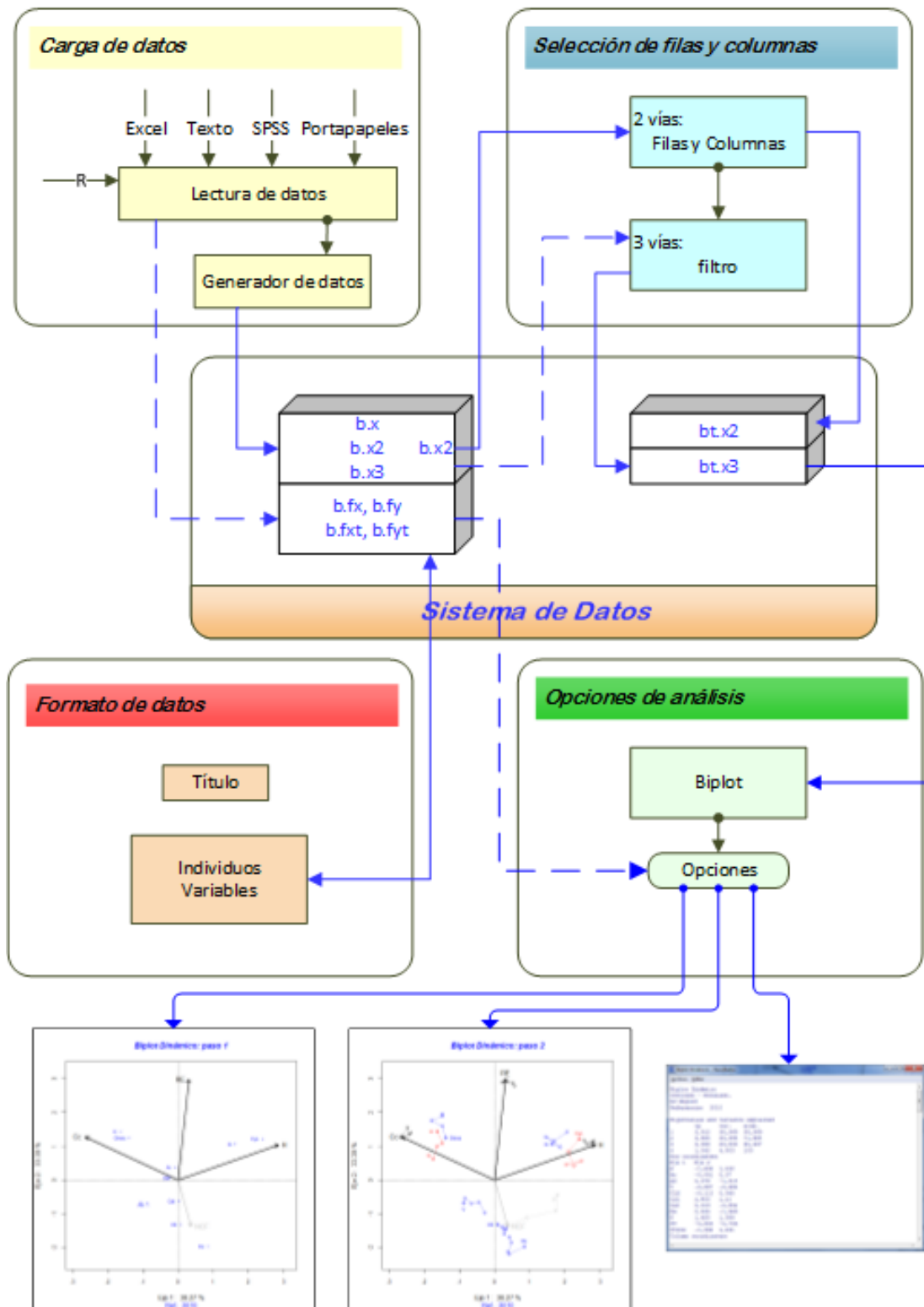


Figura 4-1: Esquema del programa dynBiplot

4.4. Interfaz de usuario

El programa **dynBiplot** versión 1.0.0, fue desarrollado en la versión 2.15.2 del entorno estadístico R y utiliza la versión 1.2-3 del paquete **tcltk2** que incluye el lenguaje Tcl/Tk para generar la interfaz gráfica de usuario, al acometer el requisito que nos hemos marcado de utilizar un entorno gráfico y funcional que no provoque el rechazo del usuario.

El código fuente de **dynBiplot** versión 1.0.0 se incluye en el Anexo 2.

El paquete **dynBiplotGUI** fue incorporado a la red CRAN por primera vez el día 4 de noviembre de 2013.

Para utilizar el programa hay que efectuar las tareas estándar para el uso de paquetes en R: instalar el paquete desde CRAN la primera vez que se quiere usar y cargarlo en el entorno (en su defecto, si se dispone del código fuente, se puede cargar directamente desde el disco del ordenador). Para ejecutarlo sólo hay que llamar al punto de entrada del paquete desde la línea de comandos de R: *dynBiplot()*.

Al realizar la carga del paquete **dynBiplotGUI** se muestra por consola la identificación del paquete y las instrucciones para poder ejecutar el programa aún sin haber leído la documentación:

```
*** -----
*** dynBiplotGUI ***

Available languages:
Spanish-"es", English-"en", French-"fr", Portuguese-"pt".
Use: dynBiplot("en") to launch the interface.
```

La sintaxis de la llamada es *dynBiplot(lang="es")*. De esta forma, si no se especifica ningún idioma en la llamada, el módulo se ejecutará en español. Los códigos de idioma utilizados son los estándares del entorno, habiendo implementado desde su publicación el soporte a los idiomas español, inglés, francés y portugués. El uso de cualquier otro idioma se puede implementar fácilmente incluyendo los literales usados en el diccionario, teniendo tan solo que introducir en el programa el idioma deseado en la lista de los lenguajes utilizados en el paquete.

El paquete **dynBiplotGUI** carga en memoria el resto de paquetes que usa: **tcltk2**, que a su vez carga el paquete base **tcltk**, **tkrplot** (Tierney 2011) para la ventana gráfica y el paquete **RODBC** (Ripley and Lapsley 2012) para la lectura de ficheros Excel (eliminado en la versión 1.1.1). Para la carga de ficheros SPSS se utiliza el paquete **foreign** (R Core Team et al. 2014). Al ejecutarse aparece la ventana mostrada en la Figura 4-2.

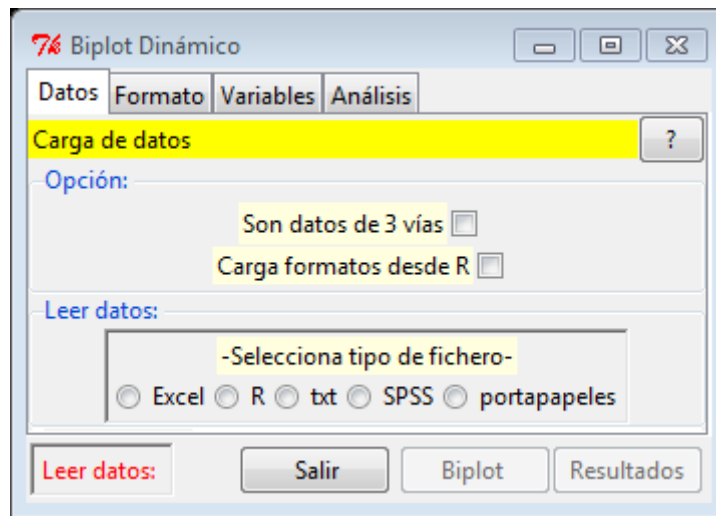


Figura 4-2: Ventana inicial del programa dynBiplot

La ventana principal del programa **dynBiplot** contiene las pestañas o solapas que albergan los elementos necesarios en cada una de las fases del análisis. Cuenta en su parte inferior con una zona donde se indica el nombre del archivo cargado o, si no hay ninguno, el literal *Leer datos*, y los botones generales del programa: *Salir* para salir del programa de forma ordenada borrando los datos temporales, *Biplot* para realizar el análisis biplot y generar el gráfico, y *Resultados* para mostrar los cálculos numéricos del análisis realizado. El botón *Salir* está siempre habilitado mientras que los otros dos se habilitan cuando el programa detecta que tiene todo lo necesario para hacer el análisis biplot.

Esta ventana es dinámica y se ajusta a la cantidad de información a mostrar. Presenta cuatro pestañas que se corresponden con las fases del análisis, mostrando en el arranque la primera de ellas, la carga de datos. Se dispone de un botón de ayuda en todas las ventanas donde se muestra la información correspondiente a las opciones del panel,

en el idioma adecuado. Cada documento está formateado siguiendo las directrices de generación de documentación en los paquetes R y puede ser mostrado sobre el navegador de Internet.

La ayuda completa del programa se aporta en el Anexo 3.

En los elementos gráficos de las pestañas que lo requieren, al situar el cursor sobre ellos emerge una etiqueta con el fondo amarillo pálido con una breve orientación de la funcionalidad del elemento, guiando al usuario en su proceso de selección de opciones.

En cada panel se utilizan colores diferentes para orientar de forma inconsciente al usuario en cada fase. La pestaña *Datos* es configurada en tonos amarillos, la de *Formato* en tonos salmón, la de *Variables* en tonos azules y la de *Análisis* en tonos verdes, distinguiendo con tonos más oscuros las opciones del análisis de 3 vías.

4.4.1. Panel de carga de datos

Cuando el paquete arranca se muestra la ventana mostrada en la Figura 4-2. El propósito de la pestaña *Datos* es proporcionar al programa los datos que se van a analizar. Los datos pueden provenir de varias fuentes externas, pudiendo elegir de forma excluyente entre datos en formato *Excel*, datos que ya existen en el entorno R, datos en formato *txt*, datos en formato *SPSS*, e, incluso, datos que se encuentran en el *portapapeles* del sistema. Estos tipos de datos se hallan en todos los sistemas operativos, salvo Excel que siendo muy frecuente en entornos Windows y MacOS, no es habitual encontrarlo en entornos Linux.

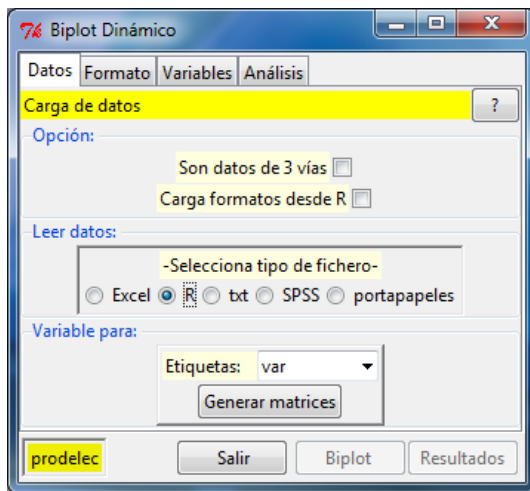
El proceso de carga se complementa con dos opciones que la perfilan: el indicador *Son datos de 3 vías* marca si la matriz a leer contiene datos de tres dimensiones, que estarán definidos por una de sus variables, y el indicador *Carga formatos desde R* que indica al programa que obtenga el formato gráfico de los datos que va a leer desde el entorno R en lugar de generarlos, aunque pueden ser modificados en la pestaña *Formato*. Esto es útil cuando ya hemos tratado unos datos y los hemos formateado y queremos aprovechar el trabajo realizado.

No se puede usar el resto de las opciones del programa mientras no se realice la carga de los datos.

La matriz de datos debe tener en la primera fila el nombre de las variables, pudiendo tener el nombre de los individuos contenido en cualquier variable. Los ficheros de formatos deben ser unos ficheros generados previamente por el programa con la estructura adecuada; aunque estos ficheros son tratables con cualquier método existente en R no es aconsejable hacerlo con objeto de no modificar su estructura y provocar errores. Los nombres de estos ficheros son *b.fx* para el formato de individuos y *b.fy* para el formato de las variables.

Seleccionando el tipo de datos de entrada se abrirá una ventana auxiliar para elegir el fichero a incorporar. Al hacerlo, la ventana cambiará mostrando en el pie el nombre del fichero incorporado y mostrará un campo desplegable con las variables leídas para indicar cuál de ellas contiene las etiquetas de los individuos y, si es el caso, el nombre de la variable que define la tercera dimensión. En la Figura 4-3 se puede ver la diferencia entre marcar o no el indicador de 3 vías.

Para matrices de datos



Para cubos de datos

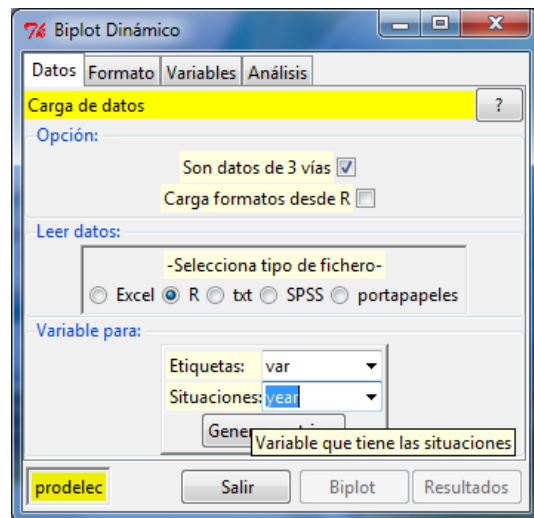


Figura 4-3: Panel de Carga de datos

Una vez leídos los datos no se permite volver a realizar otra carga. En caso de intentarlo se muestra un mensaje en la consola de R con el texto *"ERROR datos ya cargados"*. Si se quiere trabajar con otros datos es necesario cerrar el programa y volver a ejecutarlo.

Al pulsar sobre el botón *Generar matrices*, se generarán las diversas matrices de datos necesarias para el programa: la matriz $b.x$ recoge los datos leídos sin hacer ningún tratamiento. Se construye la matriz $b.x2$ que contiene los datos de 2 vías con el nombre de los individuos cargados desde la variable indicada, eliminada ésta, y si son datos de 3 vías, se construye el cubo $b.x3$ en base a la variable que se haya indicado, situando en los nombres de filas y columnas los mismos que tiene la matriz $b.x2$ y en la tercera dimensión cada uno de los valores de las situaciones. Además se generan las matrices de formato por defecto ($b.fx$ para los individuos, $b.fy$ para las variables) salvo que se haya optado por la opción *Carga formatos desde R*, y podrán ser modificados posteriormente. Al dejar estos ficheros en el entorno R se pueden volver a cargar los datos y formatos directamente, aprovechando trabajos ya realizados.

Se chequean los datos leídos, y si se encuentra una fila o una columna con todos sus valores medidos a cero, no siendo valores perdidos, se pone el primero de ellos a 0.1 para evitar tener que eliminar todo el caso y no influye significativamente en el análisis. Esto puede suceder en el cubo de datos en los que una determinada situación tiene todos los valores de una variable a cero y el resto no. Si es el caso, se informa con un mensaje por consola con el texto "*AVISO: una fila tiene todos 0. Se pone 0.1 a una celda*" y se generan las matrices. Este aviso saldrá una vez por cada fila que sea cambiada.

Las acciones que se realizan a continuación de forma automática son las de preparar los elementos gráficos de las pestañas *Formato* y *Variables*, deshabilitar el botón *Generar matrices* para evitar realizar una nueva carga de datos, y transferir el control del programa a la pestaña *Variables* para la selección de las que se van a utilizar en el análisis biplot. Para analizar otros datos es necesario cerrar el programa y volver a lanzarlo. Con estas acciones se evitan errores y se orienta al usuario en el proceso.

Una última acción que realiza este panel es la de colocar en esta solapa dos botones para la edición de los formatos de los datos cargados: el botón *Individuos* edita la matriz $b.fx$ y el botón *Variables* edita la matriz $b.fy$. Esto es útil cuando usuarios avanzados necesitan realizar un cambio de formato a un parámetro determinado para un conjunto de elementos que cumplan una determinada condición.

4.4.2. Panel de formato de datos

El objeto del panel *Formato* es dar a los datos los atributos que queremos para hacer la presentación gráfica de acuerdo a nuestras necesidades. El contenido del panel está disponible desde el momento en que se generan las matrices, pero el flujo establecido entre pestañas hace que se pase por alto en el primer análisis y que se deba ir a él de forma expresa si se desea modificar los formatos. Lo habitual es que el analista desee tener una idea de la estructura de los datos lo antes posible, dejando el formato del gráfico para análisis posteriores. En la Figura 4-4 se puede ver la apariencia del panel.

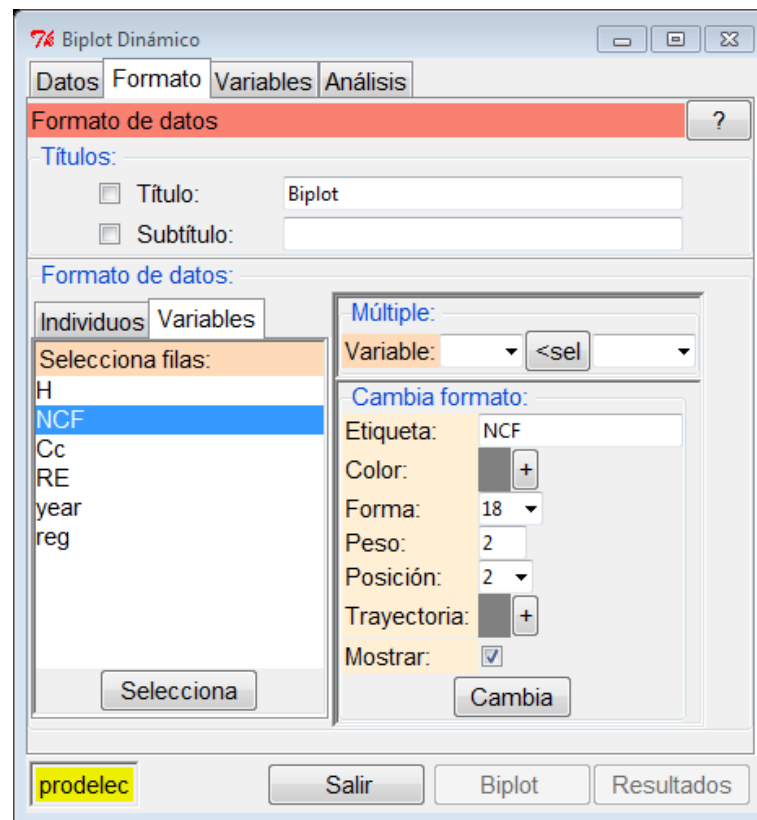


Figura 4-4: Panel de Formato

La única diferencia entre el tratamiento de una matriz o un cubo de datos es la posibilidad de introducir un subtítulo (en el caso de 3 dimensiones el subtítulo se escribe automáticamente con el valor de la situación de referencia utilizada para el Biplot Dinámico) y la opción de color de la trayectoria.

En este panel se introduce el título que va a aparecer en el gráfico, por defecto *Biplot*, y el subtítulo. Ambos campos van precedidos de una casilla de verificación para indicar al programa que se desea, o no, mostrar cada uno de ellos. En caso de no mostrarlo, el espacio en el gráfico que sería necesario utilizar para hacerlo es cedido a la zona principal de gráfico, ganando éste en amplitud.

Existen dos nuevas pestañas dedicadas al formato de los individuos y de las variables, respectivamente. Su uso es similar: se selecciona uno o más de los elementos de entre la lista de individuos-variables, se ratifica la selección mediante el botón *Selecciona*, y se cambian los atributos deseados. Se pueden cambiar los atributos de etiqueta a mostrar en el gráfico (esto no cambia el nombre del elemento), el color, el símbolo que lo representa, el grosor (peso) y la posición de la etiqueta respecto al símbolo; el valor a introducir en estos elementos se corresponde con los utilizados en R, siendo por ejemplo para el caso de la posición los valores de los puntos cardinales: 1 para sur, 2 para oeste, 3 para norte y 4 para este. Si estamos tratando datos de 3 vías aparece un campo para seleccionar el color de la trayectoria correspondiente al elemento seleccionado, pudiendo ser éste diferente del correspondiente al elemento en la situación de referencia.

La selección de elementos desde la lista puede ser de un único elemento o de varios, pudiendo cambiar al mismo tiempo todas las opciones salvo la etiqueta del elemento, quedando desactivada para evitar errores. Se puede realizar una selección múltiple en base al valor de cualquiera de las variables de la matriz, utilizando para ello generalmente variables con un conjunto finito de niveles. Si se realiza más de un cambio sobre el mismo atributo de un elemento sólo permanecerá el último introducido.

Entre las opciones a aplicar se encuentra la de *Mostrar* que nos permite determinar si queremos que un determinado elemento sea dibujado en el gráfico o no, independientemente de las opciones de presentación que se pudieran seleccionar en el panel de *Análisis*. Esta opción es importante cuando queremos estudiar un determinado elemento y en el gráfico biplot queda confuso por superponerse con otros elementos.

El formato de los elementos que se usan en el gráfico se genera de forma automática en base a valores por defecto que tiene el programa, color azul para los individuos y negro para las variables, etc. Si en el momento de la carga de datos se ha marcado la opción *Carga formatos desde R*, se sustituirán los valores por defecto con los leídos de los

ficheros de formato *b.fx* y *b.fy*, pudiendo así mismo ser modificados. Los ficheros de formatos, que se generan con el programa, no se borran del entorno R al cerrar de forma ordenada, lo que permite reaprovecharlos en trabajos posteriores.

4.4.3. Panel de selección de filas y columnas

El objeto del panel *Variables* es seleccionar las filas y columnas que se quieren incluir en el análisis (Figura 4-5).

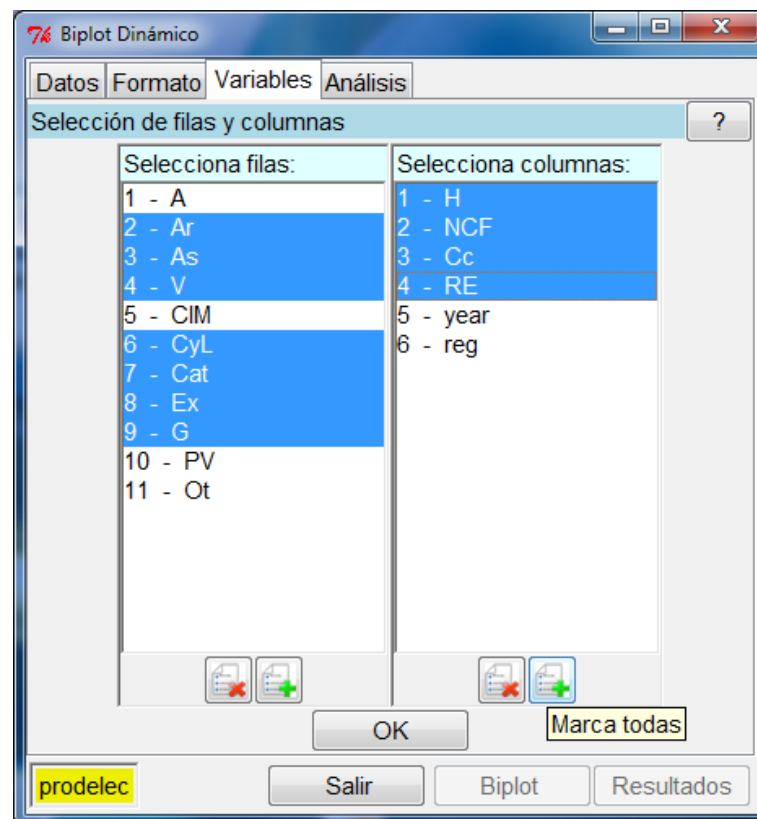


Figura 4-5: Panel de selección de filas y columnas

Los elementos, filas y columnas, se ofrecen en dos listas separadas, con el nombre de los individuos y de las variables para su marcaje. Si fuera necesario aparecerían barras de desplazamiento verticales. La selección se puede realizar según los métodos de marcado múltiple del sistema operativo que se esté usando, como por ejemplo en Windows usando las teclas *Mayúscula* y *Control*. Para facilitar el trabajo al usuario se

han colocado dos botones gráficos en cada lista que permiten agregar o quitar a la vez todos los elementos seleccionados. Se termina con el botón *OK*.

Para evitar errores se controla que se hayan seleccionado filas y columnas. En caso de no haber marcado ningún elemento en alguna de las dos listas se muestra un mensaje en la consola del entorno indicando el error con el texto "*ERROR: filas no seleccionadas*". En el caso de haber seleccionado menos filas que columnas, el mensaje mostrado por consola es "*Error: menos filas que columnas*". El botón *OK* no pasará de panel hasta que no se hayan seleccionado correctamente elementos de ambas listas.

Se puede volver a este panel en cualquier momento y seleccionar de nuevo filas y columnas para realizar otro análisis. No es necesario cerrar el programa.

Al terminar esta fase se preparan los elementos gráficos del panel *Análisis*, se generan las matrices temporales que se van a utilizar: *bt.x2* y, si procede, el cubo *bt.x3*, se habilita el botón *Biplot* y se transfiere el control a la pestaña *Análisis*.

4.4.4. Panel de opciones de análisis

Mediante el panel de *Análisis* elegimos el tipo de análisis que vamos a realizar y sus opciones. Como se ha visto anteriormente, el formato de los elementos ya se ha preparado (o se usa uno por defecto) en el panel de *Formato*. En la Figura 4-6 se ven las opciones disponibles para una matriz de 2 dimensiones.

El panel dispone de cuatro zonas: *Estandarización*, *Análisis Biplot*, *tratamiento de Ejes* y *Opciones de gráfico*. La zona de *Estandarización* permite optar por centrado y escalado de forma independiente (por defecto están marcadas las dos opciones). La zona de *Análisis Biplot* ofrece los métodos HJ-Biplot, GH-Biplot y JK-Biplot (por defecto HJ-Biplot); el Biplot Dinámico se puede construir sobre cualquiera de ellos. La zona *Ejes* permite la selección del número de ejes a calcular (por defecto 2), controlando que no se pueda seleccionar un número de ejes mayor que el número de variables seleccionadas en el panel *Variables*, y el plano que se va a mostrar en el gráfico (por defecto, plano 1-2) controlando que el primer valor sea menor del número de variables y el segundo se encuentre entre 2 y éste número; existe la opción de mostrar o no los ejes en el gráfico.

La zona *Opciones de gráfico* controla cómo se va a mostrar éste. Se puede optar por mostrar o no las etiquetas de las filas y columnas (por defecto, ambas activadas). Es

importante esta opción por la gran cantidad de espacio que suelen necesitar, ocultando en muchas ocasiones la colocación de los elementos. Como se ha dicho en párrafos anteriores, se puede controlar la posición de las etiquetas respecto a su elemento desde el panel de *Formato*. Se han colocado potenciómetros horizontales para el control de los marcadores, filas y columnas, a mostrar según la inercia acumulada en el plano (por defecto tienen valor cero); estos potenciómetros se acompañan de campos en los que se muestra la inercia seleccionada o se puede introducir un valor directamente en ellos.

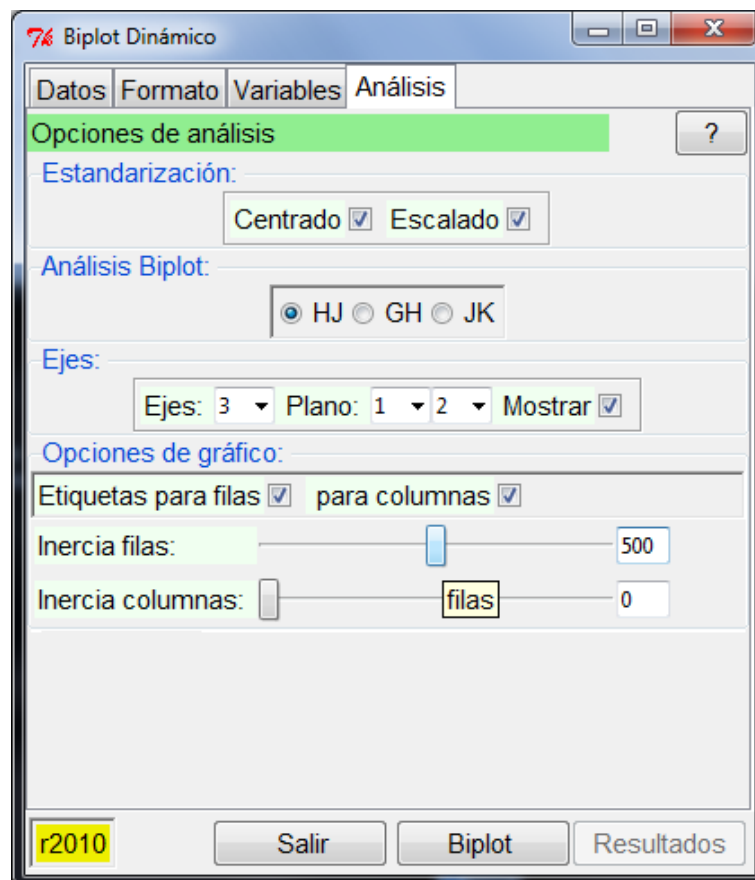


Figura 4-6: Panel de opciones para el análisis de una matriz

Las opciones por defecto permiten realizar un análisis de forma muy rápida, con objeto de tener una idea del comportamiento de los datos en el menor tiempo posible. Al presionar el botón *Biplot* se calculan los resultados del método biplot seleccionado, se habilita el botón *Resultados* y se genera y muestra el gráfico biplot en consonancia con

las opciones seleccionadas. Los resultados numéricos no se muestran si no se presiona sobre el botón *Resultados*, en cuyo caso se abre una nueva ventana.

En el caso de estar trabajando con un cubo de datos las opciones que presenta este panel siguen siendo válidas y se añaden otras adaptadas a las peculiaridades de la estructura de cubo (Figura 4-7). Como se puede apreciar en la figura, se ha incluido una opción más en la zona de *Estandarización* permitiendo realizarla sobre las columnas de la situación de referencia (1 vía), sobre la matriz de la situación de referencia (2 vías), o sobre el cubo de datos (3 vías); por defecto si se hace la estandarización se realiza sobre las variables de la situación de referencia.

También se ha añadido una nueva zona *Trayectorias* para las opciones que esta estructura requiere.

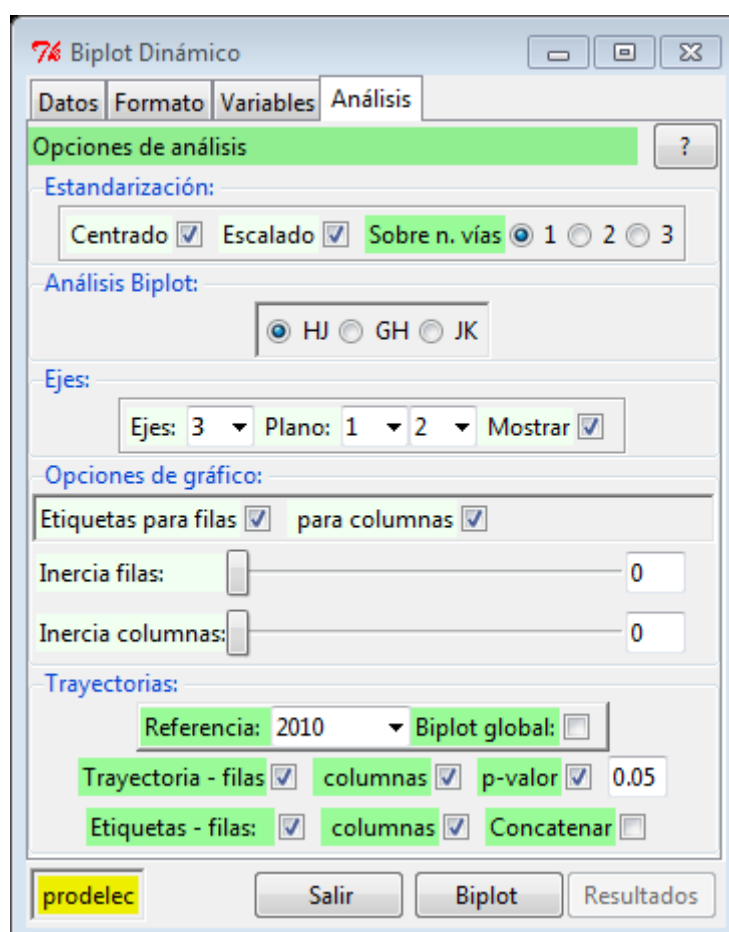


Figura 4-7: Panel de opciones para un cubo de datos

La zona habilitada para el tratamiento de *Trayectorias* selecciona mediante un desplegable con los valores que definen las diferentes situaciones, la que utilizaremos como situación de referencia (por defecto, el mayor valor encontrado), permitiendo de esta forma realizar tanto análisis prospectivos como retrospectivos. Se presenta la opción *Biplot global* (por defecto, deshabilitado) que permite tratar el cubo como una matriz de dos dimensiones sin necesidad de tener que hacer manipulación de datos, permitiendo obtener las trayectorias de las variables con toda la matriz, tal y como hacen algunos autores (Gheva 1986).

El tratamiento gráfico de las trayectorias obtenidas al realizar un Biplot Dinámico sobre el cubo de datos se controla mediante las opciones de dibujarlas para las filas y columnas (por defecto, ambas habilitadas) y las opciones de mostrar sus etiquetas (por defecto, habilitadas para filas y columnas). Las etiquetas se forman concatenando la identificación del elemento y el valor del periodo.

Las trayectorias estarán compuestas por todos los puntos correspondientes a las situaciones o sólo por aquellos cuya regresión en la proyección tengan un valor significativo (opción por defecto).

Al presionar el botón *Biplot*, al igual que sucede para una matriz de 2 vías, se calculan los resultados del método biplot seleccionado y las coordenadas de las trayectorias, se habilita el botón *Resultados* y se genera y muestra el gráfico biplot en consonancia con las opciones seleccionadas.

La ejecución del análisis no invalida ninguna de las opciones marcadas en la interfaz de usuario, pudiendo volver a ella, incluso sin cerrar la ventana gráfica y la de resultados en caso de haberla obtenido, realizar los cambios que se necesiten y repetir el análisis para ver los resultados actualizados de forma inmediata. Al no necesitar tener que cerrar la interfaz gráfica y recargar datos con cada aproximación que se realice, unido a la rapidez de cálculo del programa **dynBiplot**, hace que éste aporte gran eficiencia al proceso de análisis de datos.

4.4.5. Sistema de datos

En la Figura 4-1 se muestra cómo ninguno de los cuatro paneles del programa descritos anteriormente tienen conexión directa entre ellos, interactuando únicamente a

través de lo que hemos denominado *Sistema de Datos*. Los datos están ubicados en el entorno R y son accesibles por los métodos que en él se efectúen. El desarrollo de un análisis Biplot Dinámico no necesita de tratamientos fuera del programa **dynBiplot** pero sus archivos y resultados pueden ser utilizados por otros paquetes.

El nombre de los objetos del *Sistema de Datos* comienzan todos por 'b.' si son permanentes o por 'bt.' si son temporales, lo que permite identificarlos claramente y que convivan con datos de otros paquetes. El cierre ordenado del programa elimina todos los objetos temporales dejando los permanentes para poder ser utilizados con posterioridad.

Los objetos permanentes se corresponden por una parte, con los datos cargados sin modificar (*b.x*). Por otra parte, se generan los objetos para el formato gráfico de los elementos y sus trayectorias (*b.fx*, *b.fy*) pudiendo ser aprovechados para análisis posteriores. Incluso se pueden tener varios conjuntos de formatos para los mismos datos con objeto de utilizar el que sea más conveniente en cada momento.

La importancia de utilizar un *Sistema de Datos* como el descrito viene avalada por la necesidad de tener un programa sólido y rápido. Al haber aislado la lógica del programa en cuatro áreas independientes hace que un posible problema quede delimitado en su zona, facilitando su localización y corrección. Los procesos que se realizan en cada área se centran en el tratamiento de sus datos, leyendo los que necesitan en formato conocido y dejando los que construyen de la forma esperada. Como los datos son objetos de R, generalmente vectores y matrices, permiten que todos los cálculos que se necesitan efectuar, incluyendo la construcción del gráfico biplot y de la ventana de resultados, se realicen utilizando cálculos matriciales, permitiendo conseguir una optimización de los recursos del procesador y de la memoria del ordenador. El programa no usa bucles para realizar los procesos.

En los ficheros temporales se ubican datos y cálculos intermedios que pueden ser utilizados tanto en el área en que se producen como en las demás. Es importante destacar que un determinado cálculo se realiza una única vez y se usa tantas veces como sea necesario, garantizando la integridad de los datos. Por ejemplo, como los marcadores fila y columna calculados en el método biplot son necesarios para realizar el gráfico y también para generar los resultados numéricos, se puede pensar en hacer el cálculo en ambos sitios. Esto debe evitarse, no por el ahorro de recursos en sí, sino por ser un punto de

generación de conflictos: al hacer el cálculo en dos momentos diferentes puede que las condiciones en que se realicen no sean las mismas. Es importante eliminar los puntos que pueden provocar errores. Es fundamental mantener el principio de integridad de los datos.

4.5. Comunicación de resultados

El programa maneja tres medios para comunicar sus salidas hacia el usuario: la consola del entorno R, una ventana gráfica para la representación biplot y una ventana en modo carácter para colocar los resultados numéricos.

La consola del entorno R se utiliza para mostrar los mensajes de aviso o error generados por el programa para informar de ciertas situaciones controladas y que el usuario debe tener en cuenta, como "*AVISO: una fila tiene todos 0. Se pone 0.1 a una celda*" cuando se cargan datos, o "*ERROR en filas*" cuando no se seleccionan filas para el análisis. También se muestran por la consola los mensajes de error que el propio entorno R detecta.

En la consola del entorno R se tiene acceso a la tabla de datos y a las tablas de formatos. Cualquier necesidad añadida del investigador podrá ser cubierta con el uso de estas tablas. Se pueden utilizar los comandos estándar de R, como *write* o *save*, para copiar cualquiera de los ficheros de R al sistema operativo.

La forma más importante que usa el programa **dynBiplot** para comunicar los resultados obtenidos es una ventana gráfica con la representación biplot. En la Figura 4-8 se incorporan las representaciones correspondientes a un Biplot Dinámico en sus dos pasos.

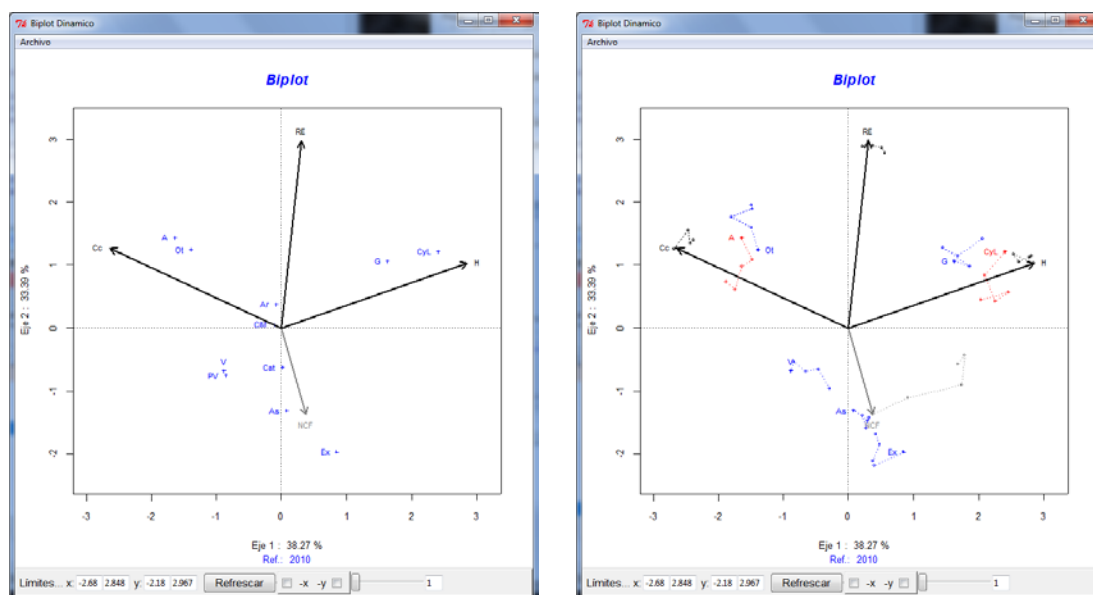


Figura 4-8: Representación gráfica de Biplot Dinámico

La ventana gráfica tiene un menú con las opciones de copiar, guardar el análisis obtenido en diversos formatos gráficos, incluyendo el formato vectorial svg^1 , y salir. En el gráfico se muestra la leyenda de los ejes con los valores de inercia de cada uno y si estamos realizando un Biplot Dinámico se muestra en el eje de abscisas la identificación de la situación de referencia, en caso de tener activada la opción de mostrar el subtítulo.

El pie de página de la ventana del gráfico se ha habilitado para poder colocar los límites mínimos y máximos de los ejes con objeto de poder hacer un zoom del tamaño que se requiera para poder observar con el detalle suficiente la parte del gráfico que se necesite. Se pueden cambiar los límites tantas veces como sea necesario a través del botón *Refrescar*. Un ejemplo del resultado obtenido puede verse en la Figura 4-9.

¹ SVG: Scalar Vector Graphics, Gráficos Vectoriales Redimensionables

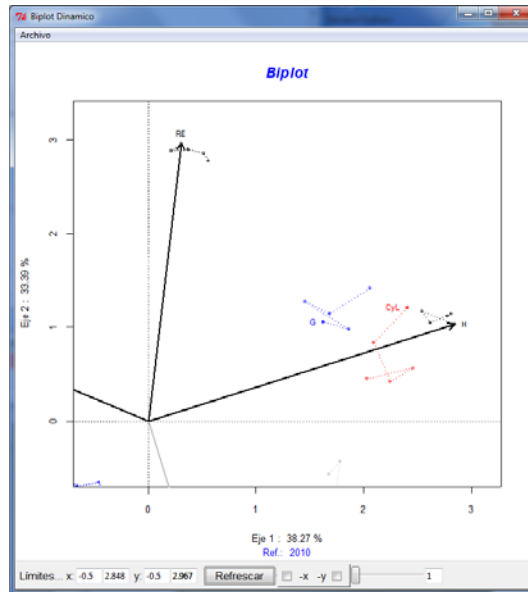


Figura 4-9: Ejemplo de zoom sobre el gráfico

En el pie de página también se han colocado dos marcadores para cambiar el signo de las coordenadas de las filas y/o de las columnas. El objeto de esta opción es poder realizar gráficos homogéneos cuando se añaden o eliminan variables durante el proceso de investigación, ya que el proceso de descomposición de la matriz en valores singulares puede hacer que las coordenadas obtenidas cambien de signo.

El último elemento existente en el pie de página es un deslizador que permite escalar las coordenadas de los individuos frente a las variables que permanecen invariantes. Esta opción es útil cuando se quieren representar matrices con un número de filas desproporcionado frente a las columnas.

Cuando se utiliza el botón *Refrescar* existente en el pie de página de la ventana gráfica, el análisis obtenido tiene en cuenta tanto las opciones habilitadas en el panel de *Análisis* como las establecidas en la propia ventana gráfica. Cuando se utiliza el botón *Biplot* existente en la ventana de la interfaz gráfica del programa sólo se tienen en cuenta para realizar el gráfico las opciones elegidas en el panel *Análisis*, reiniciando las opciones de la ventana gráfica.

Los resultados numéricos calculados por el programa se presentan mediante una ventana de texto (Figura 4-10).

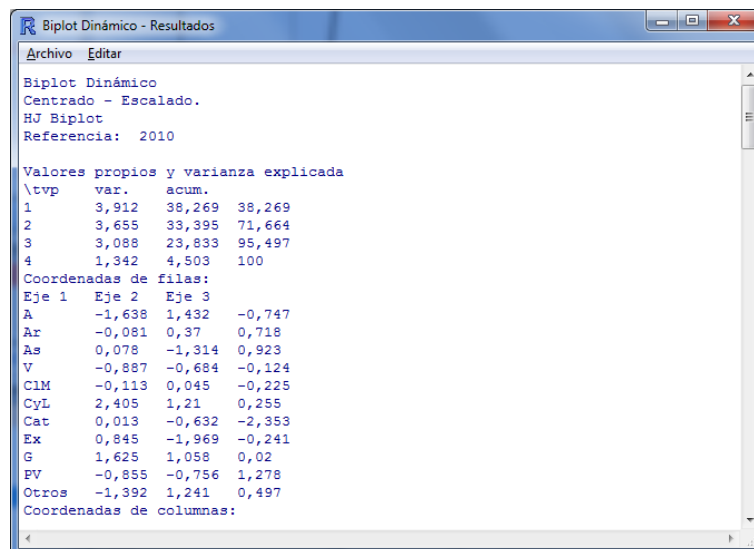


Figura 4-10: Ventana de resultados

Al comienzo de los resultados se exponen las opciones que se han utilizado para el análisis: estandarización, tipo de biplot y, si es un Biplot Dinámico, la situación de referencia. A continuación, una tabla con los valores propios, la varianza explicada por cada uno y la acumulada. Se sigue mostrando las coordenadas de los marcadores fila y columna y las contribuciones relativas del factor al elemento de filas y columnas, para el número de ejes seleccionados (en el ejemplo, 3 ejes). Se muestran las coordenadas de las trayectorias, tanto de los individuos como de las variables y se termina con los valores de los coeficientes de determinación de las regresiones realizadas al proyectar los elementos en el segundo paso del análisis, el estadístico F del análisis ANOVA de las regresiones y sus correspondientes p-valor.

Al ser una ventana del entorno R tiene el menú para guardar el archivo en el sistema operativo con el formato txt, pudiendo también copiar parte o todo el contenido y pegarlo en otro programa externo a R.

Es importante resaltar que en la mayoría de las ocasiones, el gráfico obtenido por este programa no necesitará ser retocado, pudiéndose utilizar directamente en los informes o documentos que se precisen. Ninguno de los gráficos mostrados en el presente trabajo han necesitado ser retocados con otros programas. No obstante, si se diera la necesidad, aconsejamos la utilización de formatos vectoriales y el uso de programas adecuados para estos formatos.

4.6. El Paquete **dynBiplotGUI**

La publicación de extensiones en R se realiza aportando un paquete a la red CRAN. Los paquetes publicados están sometidos a unas normas de estandarización estrictas que se deben cumplir para que el paquete sea puesto a disposición de la comunidad R.

El paquete **dynBiplotGUI** se publicó por primera vez en CRAN el 4 de noviembre de 2013. La primera versión publicada fue la 1.0.0.

El paquete **dynBiplotGUI** agrupa el conjunto de elementos que son necesarios recoger para publicar el programa en CRAN. La parte más importante se corresponde con el programa fuente **dynBiplot**, pero no menos importante es la realización de la documentación estándar. En nuestro caso además, hemos realizado documentación complementaria para dar soporte a las funciones de ayuda que se pueden invocar desde los diversos paneles de la interfaz de usuario. Esta documentación se ha realizado en español y en inglés. Si el programa se invoca con alguno de los idiomas soportados diferente de los mencionados, se mostrará la ayuda en inglés.

Al invocar la ayuda existente para cada panel se muestra el contenido del fichero generado con el formato apropiado para la documentación en R (*Rd*) correspondiente al idioma utilizado por el programa. Estos ficheros están formateados según la normativa de generación de documentación en R y se muestran en el navegador de internet instalado por defecto en el ordenador utilizado. En el Anexo 3 se muestra la ayuda para cada uno de los paneles.

Para dar soporte a los diversos idiomas con que puede trabajar el programa se ha generado el fichero *Languaje.csv* que hace la función de diccionario. Contiene la lista de literales utilizados, en una columna para cada idioma. Implementar un idioma nuevo se reduce a rellenar una nueva columna con los literales correspondientes y añadir una línea en el programa para interpretarlo.

Se ha generado e incluido en el proceso, siguiendo los estándares de nomenclatura de generación de paquetes en R, un fichero con extensión de programa (*zzz.R*) que permite mostrar la leyenda de identificación y forma de uso del paquete **dynBiplotGUI** en el momento de la carga, según se muestra a continuación:

```

*** -----
*** dynBiplotGUI ***

Available languages:
Spanish-"es", English-"en", French-"fr", Portuguese-"pt".
Use: dynBiplot("en") to launch the interface.

```

Se ha incluido en el paquete el conjunto de datos *prodelec* que son los datos que se ha utilizado para desarrollo del módulo y pruebas efectuadas para su ajuste con el objetivo de que sirvan al usuario para entrenarse tanto en el uso del programa **dynBiplot** como en el conocimiento de la técnica de análisis del Biplot Dinámico.

4.7. Reflexiones sobre el desarrollo

El programa **dynBiplot** cubre todos los requisitos que nos exigimos, enumerados en el punto 4.1.1.

La interfaz gráfica desarrollada mediante cuatro paneles independientes y el flujo que los relaciona, guía al usuario en todas las acciones que necesita para el proceso de análisis de datos, tanto en matrices de dos como de tres dimensiones, sin tener que poseer conocimientos de programación en el entorno R, ni las peculiaridades técnicas del Biplot Dinámico.

La optimización de código realizada en el programa **dynBiplot** y la gran variedad de opciones gráficas implementadas, le confieren gran potencia de cálculo, permitiendo al usuario centrarse en el objetivo de interpretación de los resultados y la adecuación de los mismos para su exposición, de manera ágil y sin pérdida de tiempo entre cada una de las sucesivas pruebas que se realizan.

Todas las gráficas incluidas en el presente trabajo generadas por el módulo **dynBiplot** han sido obtenidas directamente desde el programa y no ha sido necesario proceder a realizar ningún retoque con ningún otro programa complementario.

El paquete **dynBiplotGUI** se ha desarrollado sobre el sistema operativo Windows 7 y se ha probado en sistemas con Windows 7, de 32 bits y de 64 bits y en Windows XP, sin haber detectado problemas en ninguno de ellos. Por la filosofía propia de R debe rodar sin dificultad en sistemas en MacOS X y en Linux.

Sin embargo, la dependencia de los paquetes utilizados para dotar al programa de las funcionalidades necesarias podría provocar, en caso de mal funcionamiento en alguno de ellos, la inoperatividad del nuestro. Los módulos en que nos basamos están utilizados en múltiples paquetes pero la funcionalidad que utilizamos en el entorno gráfico lo es escasamente. En diciembre de 2013 se publicó el paquete **tcltk2** versión 1.2-9, que contenía una disfuncionalidad en algunos de los elementos que afectaban de forma directa a nuestro programa **dynBiplot**, dejándolo inoperativo.

Después de un proceso de investigación se reportó al desarrollador de **tcltk2** el problema, documentándolo adecuadamente. El problema se corrigió en la versión 1.2-10 publicada el 4 de febrero de 2014, y en su archivo de novedades introducidas figura el reconocimiento a nuestra aportación:

```
= tcltk2 news
== Version 1.2-10

* Reworked Author field in the DESCRIPTION file.

* A bug in tk2listbox() and several other tk2XXX() widgets when it
is not possible to get fieldbackground color for the TEntry widget is
corrected.
  (thanks Jaime Egido)
```

Parte II – Aplicación práctica: Libertad Económica

Capítulo 5. Índice de Libertad Económica

Capítulo 5. Índice de Libertad Económica

5.1. Introducción

La profunda crisis económica, de carácter global, en la que estamos inmersos, está llevando a buena parte países desarrollados que tenían consolidadas sus economías a un replanteamiento de los principios sociales y económicos establecidos que rigen sus relaciones. En una zona de gran comercio como es la Comunidad Europea, la crisis financiera que afecta a países como Grecia, Irlanda, Portugal, España, Italia y Chipre, y pone en entredicho la de otros como la propia Francia, se llega a cuestionar la existencia de su moneda, el euro, e incluso, la existencia de un espíritu europeo común.

Las políticas económicas, financieras y laborales, de carácter restrictivo, que se están realizando en la eurozona, de forma voluntaria en aquellos países que tienen capacidad propia para realizarlas, o de forma impuesta como es el caso de los países cuyas economías han sido intervenidas y controladas desde los estamentos supranacionales europeos, están llevando a las economías de los países afectados a una fuerte contracción, provocando una recesión que afecta incluso a los países más saneados.

En las sociedades desarrolladas el consumo es un fuerte motor de desarrollo económico y se ha parado debido a las restricciones impuestas, los recortes de gasto público, los recortes en los salarios, las subidas de impuestos y el aumento del desempleo. El ciudadano, consumidor, aun en los casos en que su economía particular le permita consumir, no lo está haciendo en previsión de lo que pueda llegar a pasar en el futuro, provocando a su vez, un mayor parón económico.

En otras zonas económicas afectadas también por la crisis, como es el caso de los Estados Unidos de América, se ha optado por realizar políticas dinamizadoras de la economía, obteniendo mejores resultados que con políticas restrictivas y consiguiendo una recuperación más rápida.

La sociedad de un país tiene como objetivo incrementar el bienestar de las personas que la integran procurando un crecimiento económico. Los modelos que han existido hasta la fecha, y que han obtenido mejores resultados en la consecución de este fin, han

sido los modelos basados en la libre competencia. En la libre competencia las empresas tratan de producir y ofertar sus productos en mejores condiciones que las demás con el objetivo de conseguir los recursos económicos suficientes para comprar las materias primas necesarias para la producción, retribuir al capital invertido, remunerar el trabajo aportado y poder dar continuidad a la producción.

Adam Smith, considerado el padre de la ciencia económica, en su obra *La riqueza de las naciones* (Smith 1776) decía que el sistema económico es un sistema natural de perfecta libertad y justicia y que la clave del bienestar social está en el crecimiento económico, potenciado a través de la división del trabajo y la libre competencia. Si los hombres actúan libremente buscando su propio interés se consigue el bienestar común sin necesidad de la regulación del Estado, que debe evitar intervenir en la economía.

La actividad económica moderna está reglamentada con multitud de normas que tratan de regular las relaciones entre todos los integrantes de la sociedad: empresas, inversores, consumidores-ciudadanos y gobierno, siendo éste último el encargado de fijar las reglas y hacerlas cumplir en el conjunto social en el que se encuentra, estando sujeto a su vez a pautas y tratados supranacionales. La existencia de normas puede contribuir al desarrollo económico si tales patrones dan soporte a políticas económicas encaminadas a la liberalización del comercio y de las inversiones, inversión en capital humano, ausencia de corrupción, con una adecuada estructura institucional (Calvo Hornero 2001).

Sala-i-Martín, (2000:216), basándose en estudios previos (Sala-i-Martin 1997), indica que “el crecimiento económico está positivamente correlacionado con (1) la estabilidad política y económica, (2) el grado de apertura de la economía al exterior, (3) el mantenimiento de la ley y de los derechos de propiedad, (4) la poca intervención pública..., (5) la inversión en capital humano, educación y salud, y (6) la inversión en capital físico y maquinaria”.

Las organizaciones económicas internacionales tienen como objetivo obtener el desarrollo económico y social, según manifiestan en sus actas fundacionales como indicamos someramente en la Introducción del presente trabajo, manifestando que para conseguir un desarrollo sostenible es necesario contemplar aspectos tan diversos como la cultura, la salud, la educación, el empleo, los derechos humanos, las libertades políticas, la justicia social.

En los últimos años el mundo ha registrado el mayor avance de su historia en términos de bienestar y prosperidad (Montes Gan and Medina Moral 2009). El bienestar de una sociedad está basado en la capacidad que dicha sociedad tiene para promover su desarrollo económico (Sala-i-Martin 1997, 2000).

Existen diversos estudios donde se indica que la mejor forma de conseguir un crecimiento económico y obtener mayor bienestar social es implantando políticas que den a la economía fluidez (Barro and Sala-i-Martin 1995; Gwartney, Lawson, and Holcombe 1999; Holcombe and Gwartney 2010; Sen 2000). Los modelos que han existido hasta la fecha, y que han obtenido mejores resultados en la consecución de este fin, han sido los modelos basados en la libre competencia (Morgan 2011).

El estudio de la economía de una sociedad se basa en la medición de multitud de magnitudes realizadas a lo largo de periodos sucesivos. La forma en que se miden las diversas variables está regulada y estandariza por los organismos competentes en cada país y son consolidados a nivel global. El organismo encargado de recoger y ordenar toda la información en España es el Instituto Nacional de Estadística (INE)¹, que en conjunción con el resto de oficinas estadísticas de todos los estados miembros y la oficina de estadística de la Unión Europea (Eurostat)², conforman el Sistema Estadístico Europeo (SSE)³ “que garantiza que las estadísticas europeas elaboradas en todos los Estados miembros de la Unión Europea sean fiables, siguiendo unos criterios y definiciones comunes y tratando los datos de la manera adecuada para que sean siempre comparables entre los distintos países de la UE”⁴. A nivel mundial los datos están consolidados en la ONU⁵.

Numerosos organismos realizan mediciones y elaboran indicadores e informes sobre la forma en que las políticas económicas adoptadas por los diferentes estados tienen efecto en la economía del país. Así, por ejemplo, el Foro Económico Mundial (WEF 1971) elabora el Índice de Competitividad Global (CGI) para medir los efectos de las

¹ INE: <http://www.ine.es>

² Eurostat: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home>

³ SEE: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/pgp_ess/ess/ess_news

⁴ INE – Sistema estadístico europeo – Qué es el SEE y cómo funciona

⁵ ONU: <http://www.un.org>

políticas económicas que los diversos gobiernos ponen en marcha, tanto en sus componentes estáticos como dinámicos (Schwab 2010).

El Instituto Fraser de Canadá (Fraser Institute 1974) mide y estudia el impacto de la competitividad de los mercados y los efectos de las intervenciones de los gobiernos en los individuos y en la sociedad:

La libertad económica es importante para los individuos porque es uno de los principales motores de crecimiento y prosperidad. La libertad económica conduce a otros importantes desarrollos, como la mejora de la salud y la educación en los países en desarrollo. Permite a las personas hacerse cargo de su propio futuro.

El Instituto Fraser coordina la Red de la Libertad Económica Mundial (Economic Freedom Network) que es un grupo de organizaciones independientes de más de 80 países dedicadas al estudio de políticas sociales y económicas, y que queda reflejado en su Informe Anual sobre la Libertad Económica del Mundo (Gwartney et al. 2012), o The European Economic Freedom Index (Ronca and Guggiola 2007; Ronca et al. 2004) basado en él.

La Fundación Heritage (heritage.org 2012) es una institución para la educación y la investigación fundada en 1973 que tiene por misión formular y promover políticas públicas conservadoras basadas en los principios de libre empresa, gobierno limitado, libertad individual, valores tradicionales americanos y una sólida defensa nacional (americana). Realiza informes y estudios sobre temas de interés en el ámbito político. Es una institución independiente, considerándose una de las mayores organizaciones dedicadas a la investigación de las políticas públicas en Estados Unidos.

The Wall Street Journal (WSJ 2012) es la publicación financiera líder en el mundo, siendo el proveedor más importante de noticias y análisis comerciales y financieros de Internet (Miller, Holmes, and Feulner 2013b).

La Fundación Heritage, en colaboración con The Wall Street Journal, elabora anualmente desde 1995 el *Índice de Libertad Económica*, cuyos datos vamos a utilizar en el presente capítulo.

5.2. La libertad económica

La libertad económica es la condición en la cual los individuos pueden actuar con autonomía en la búsqueda de su sustento económico y de una mayor prosperidad. Cualquier discusión sobre libertad económica necesita reflexionar sobre la relación existente entre los individuos y el gobierno (Miller and Kim 2013).

Es un aspecto esencial de la libertad humana sin la cual los derechos más elementales de una persona como el derecho a la vida, a la libertad y a la búsqueda de la felicidad pueden ser comprometidos. Si se controla la actividad económica toda acción de la persona queda controlada (Hayek 1991). La libertad económica está basada en la moral de cada persona y es una materia de derecho natural y una de las libertades fundamentales que los sistemas políticos eficaces consideran inquebrantables.

En una sociedad económicamente libre, cada persona controla el fruto de su trabajo y su iniciativa. Las instituciones no discriminan a las personas, ni a favor ni en contra, por ninguna de sus condiciones características, como el sexo, edad, raza, religión, etc. Las decisiones que toma el gobierno están determinadas por la claridad de los procesos y la transparencia de las medidas, garantizando la igualdad de condiciones para todos los intervinientes en el proceso. El estado y el mercado son complementarios y ninguno debe ser mayor que el otro (Bresser-Pereira 2010).

En una sociedad económicamente libre, el poder de las decisiones económicas está repartido entre todos los integrantes de la misma, permitiendo que los recursos de producción y consumo adopten criterios de libre competencia con el objetivo de que cada persona o empresa tenga las mismas oportunidades de tener éxito.

Los tres principios fundamentales de la libertad económica, empoderamiento de las personas, no discriminación y competencia abierta, son los que manifiestan las mediciones y políticas recogidas en el *Índice de Libertad Económica*.

En general, las acciones de control realizadas por el estado o por el gobierno interfieren en la autonomía de los individuos, limitando su libertad económica, pero como dicen Miller y Kim (2013) el *Índice de Libertad Económica* no es una llamada a la anarquía. El objetivo de la libertad económica no es simplemente la ausencia de limitaciones o restricciones por parte del gobierno sino la creación y mantenimiento de

un sentido mutuo de libertad para todos. De la misma forma que existen relaciones entre las empresas y la sociedad deben existir relaciones entre las empresas y el gobierno, permitiendo éstas conseguir una ventaja competitiva alineando el interés comercial con el interés público (Schepers 2010).

Una visión global de la libertad económica abarca todos los derechos y libertades de producción, distribución y consumo de productos y servicios. Una libertad económica plena permitiría tener derechos de propiedad completos, total libertad de movimientos para los trabajadores, capital y productos, con ausencia absoluta de coerción y restricciones, más allá de lo que sea estrictamente necesario para la protección y el mantenimiento de la propia libertad. En una sociedad libre las decisiones económicas se toman de manera descentralizada, los individuos son libres de trabajar o no, de producir, de consumir o de invertir según sus criterios, respetando las leyes, estando sus libertades económicas protegidas y respaldadas por el estado. Algunas acciones del gobierno son necesarias como la defensa de los ciudadanos y el desarrollo de la sociedad de forma pacífica siendo imprescindibles el establecimiento de servicios públicos para garantizar la libertad económica de la sociedad. Si las acciones del gobierno son mayores que las estrictamente necesarias se produce rápidamente una pérdida de libertad siendo a menudo, precisamente, la libertad económica la primera en ser afectada.

Históricamente se puede comprobar que los gobiernos han impuesto una gran cantidad de restricciones a la actividad económica, en muchas ocasiones en nombre de la igualdad o de otras razones sociales pero en realidad estas restricciones obedecen a imposiciones para el beneficio de determinados grupos sociales o intereses particulares, llegando a ser un gran coste para toda la sociedad. El resultado es menor productividad, recesión económica y menor prosperidad. Como se puede ver en *Libertad económica y crecimiento económico* (Holcombe 1998) existen evidencias que relacionan la libertad económica con el crecimiento, al igual que en Rode (2011). Después de la Segunda Guerra Mundial, Corea fue dividida en dos estados donde se adoptaron diferentes sistemas económicos. En Corea del Sur se fomentó la economía orientada al mercado mientras que Corea del Norte estableció una economía planificada; con el paso del tiempo, Corea del Sur es una de las economías más prósperas del mundo mientras que Corea del Norte es de las más deprimidas. También después de la guerra, Alemania fue dividida en Alemania Oriental y la República Federal de Alemania, adoptando cada una de

ellas sistemas económicos, y políticos, diferentes, consiguiendo con la unificación de los dos países que los ciudadanos del este se integrasen en las ventajas que les ofrecían desde Alemania Occidental. La Unión Soviética adoptó un modelo de crecimiento completamente dirigido y planificado, invirtiendo fuertemente en capital físico y humano, obteniendo trabajadores altamente cualificados, invirtiendo en investigación y desarrollo, en sectores punteros de la ciencia y la tecnología; el modelo no se pudo sostener al no conseguir un aumento de valor en los resultados de producción, que sí se consiguen en un ambiente de libertad económica. De forma similar, los resultados económicos de países que decidieron seguir políticas centralizadas como China e India, contrastan con los resultados que en los mismos plazos están obteniendo países de su misma zona geográfica que adoptaron políticas de mercado como Japón, Taiwán, Corea del Sur, Hong-Kong y Singapur, que hoy en día son potencias económicas de primer orden.

La libertad económica se ha revelado como el indicador más importante para favorecer el desarrollo de un país (Montes Gan and Medina Moral 2009).

La libertad económica no es lo mismo que libertad política. La democracia tiene valor de derecho propio pero por sí sola no contribuye a la prosperidad. La libertad económica produce desarrollo económico incluso en aquellos países que tienen una libertad política limitada. La situación contraria no es cierta: la libertad política sin libertad económica no trae crecimiento. Hay evidencias de que las naciones con ingresos más altos tienden a ser más democráticas y más protectoras de las libertades civiles y políticas. La libertad económica conduce a la libertad política (Bailey and De Ruyter 2007).

La libertad económica es un elemento esencial de la dignidad humana (Smith and Fetzer 2004), proporcionando a los individuos la capacidad para planificar y dirigir sus vidas según les convenga con el objetivo de conseguir su mayor felicidad. Además, es la clave para obtener un dinamismo económico que asegura un crecimiento sostenido y una mayor prosperidad para la sociedad en su conjunto.

5.3. El Índice de Libertad Económica

El Índice de Libertad Económica es elaborado anualmente, desde el año 1995, por la Fundación Heritage (heritage.org 2012) en colaboración con The Wall Street Journal (WSJ 2012) siguiendo la teoría desarrollada por Adam Smith en su obra *La Riqueza De Las Naciones* (Smith 1776) y permite comprobar que las teorías de prosperidad y libertad económica del siglo XVIII siguen vigentes en el siglo XXI, después de haber sido postergadas en gran medida, durante el siglo XX. En la Figura 5-1 se puede apreciar la portada de la sexta edición de la obra *Wealth of Nations* (Smith 1801), edición digitalizada por Google.

El *Índice de Libertad Económica* se elabora para la mayoría de países del mundo y evalúa el grado de libertad de la actividad económica calculando y agregando diez indicadores que miden aspectos tales como las relaciones del país con el resto del mundo, las políticas internas existentes, la libertad de los individuos para trabajar y para invertir, sin restricciones e interferencias del gobierno. Estos indicadores interactúan entre sí y se complementan, constituyendo un medio multidimensional para conseguir el progreso económico.

En la elaboración del índice se afirma que cada una de las libertades económicas juega un papel importante en el desarrollo y sostenimiento de la prosperidad personal y nacional. Todos ellos son complementarios aunque el progreso en un determinado índice es probable que refuerce los demás (Miller, Holmes, and Feulner 2013a:89). En el desarrollo de este estudio comprobaremos que la mayoría de los conceptos de libertad utilizados están relacionados, pero que alguno de ellos es independiente del índice general y ligeramente opuesto a los demás.

El *Índice de Libertad Económica* está construido por la agregación de la medición que los índices parciales hacen sobre diez componentes específicos de la libertad económica. Cada uno de estos índices tiene una puntuación comprendida entre 0 y 100, donde 0 es que no existe libertad del concepto medido y 100 es que existe total libertad, y el índice global de libertad económica de un país es la media de estos índices individuales.

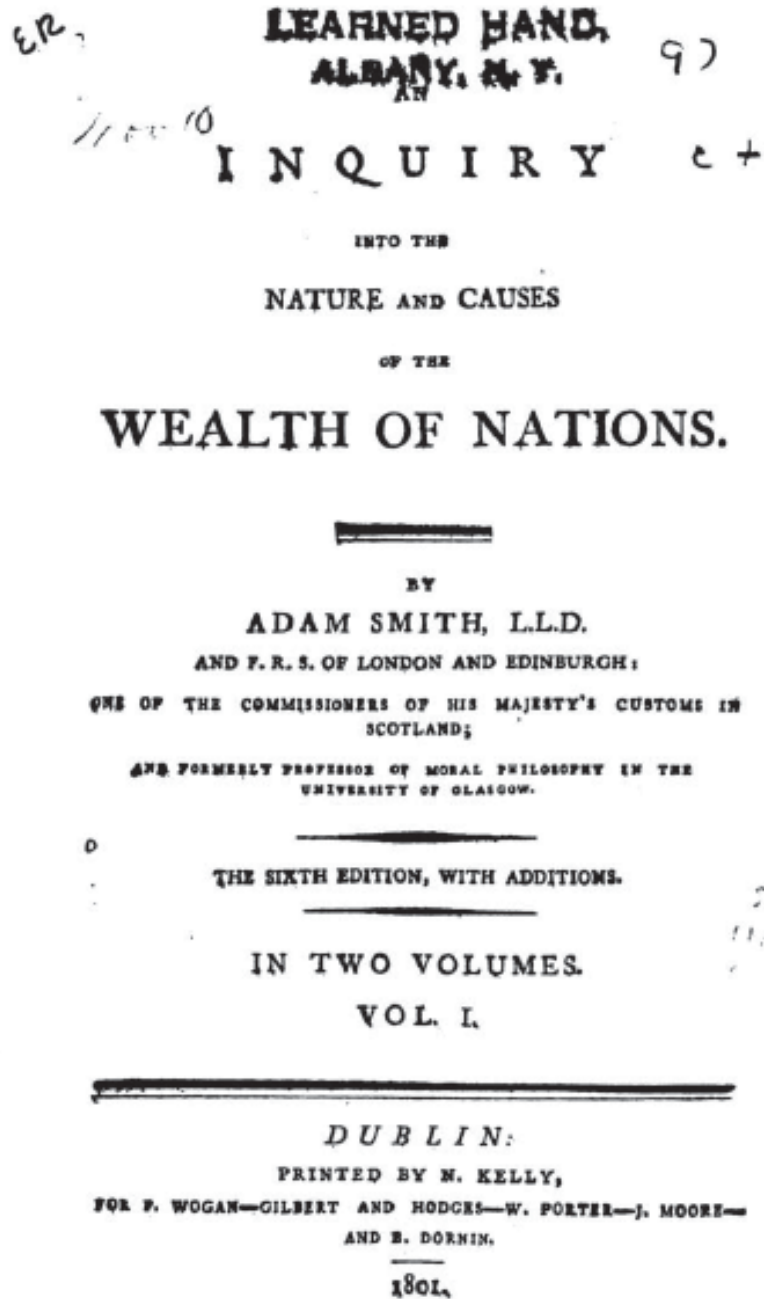


Figura 5-1: Portada de la 6ª edición de la Riqueza de las Naciones (Smith 1801)

El *Índice de Libertad Económica* se lleva realizando desde el año 1995 y durante este periodo de tiempo se ha documentado una relación clara entre los niveles más altos de libertad económica y los niveles mayores de prosperidad general. Igualmente se ha observado que mejoras en la libertad económica, de cualquier nivel, repercuten en un aumento de dinamismo económico y progreso social. Los gobiernos que eligen políticas que aumentan la libertad económica están permitiendo que los individuos de su sociedad realicen trabajos más productivos, obtengan mayores ingresos, y consigan mejor nivel de vida para el conjunto. Pretende reflejar el entorno económico y empresarial de todos los países estudiados, de una forma homogénea, y según se afirma en su informe de elaboración, no ha sido diseñado ni para explicar el crecimiento económico ni para encontrar ninguna variable dependiente.

La composición del *Índice de Libertad Económica* agrupa en cuatro áreas las diez libertades económicas analizadas. Estas cuatro áreas son *Estado de derecho*, *Gobierno limitado*, *Eficacia reguladora* y *Apertura de los mercados*.

En base a la puntuación global obtenida, la Fundación Heritage califica las economías en ‘verdaderamente libres’ cuando obtienen una puntuación mayor o igual a 80, ‘mayormente libres’ cuando la puntuación se encuentra entre 70 y 80, ‘moderadamente libres’ cuando la puntuación es entre 60 y 70, ‘Mayormente controlada’ con la puntuación entre 50 y 60, y ‘Reprimidas’ cuando su puntuación no llega a 50.

El *Índice de Libertad Económica* pone de manifiesto que “los países con mayor nivel de libertad económica tienen un desempeño sustancialmente superior al resto en: Crecimiento económico, Ingresos per cápita, Sistemas de salud, Educación, Protección del medio ambiente, Reducción de la pobreza y Bienestar en general” (puntos destacados índice 2014). En el capítulo 5.5.2 podremos comprobar que es la variable económica *Producto Interior Bruto (PIB) per Cápita* la que mejor caracteriza al *Índice de Libertad Económica*, así como a la mayoría de los índices específicos.

Como indica Jim DeMint, presidente de la Fundación Heritage, en el prefacio del informe del *Índice de Libertad Económica 2014* (Miller, Kim, and Holmes 2014):

Los 20 años de datos que ahora respaldan los análisis del Índice de Libertad Económica han demostrado ser una herramienta de valor incalculable para responsables políticos, investigadores y académicos.

No obstante, pienso que puede que sea incluso más importante para aquellos que continúan la lucha promoviendo la libertad, especialmente la libertad económica, en todo el mundo.

El detalle de la metodología usada para la elaboración del índice puede verse en el capítulo correspondiente del informe *Index of Economic Freedom 2014* (Miller et al. 2014). A continuación resumiremos los conceptos más significativos de la misma.

5.3.1. Estado de derecho

La medición del *Estado de Derecho* refleja el impacto que éste tiene sobre el crecimiento económico y el bienestar social. Valora la garantía que tienen los individuos al realizar una actividad económica.

Agrupar los indicadores sobre la protección de los *Derechos de Propiedad* y la *Libertad frente a la Corrupción*.

El componente de los *Derechos de Propiedad* es una evaluación de la capacidad que tienen los individuos para acumular propiedad privada, garantizada por leyes claras que se aplican de forma plena por el estado. Se considera que es una fuerza motivadora para los trabajadores y los inversores en una economía de mercado. Este derecho es esencial para conseguir una economía de mercado completa.

El componente de la *Libertad frente a la Corrupción* mide la cantidad de corrupción existente en un país en base al nivel de transparencia que tiene. La corrupción socava la libertad económica mediante la introducción de inseguridad e incertidumbre en las relaciones económicas, y puede entenderse como la falta de integridad del sistema económico. Hay una relación directa entre una gran intervención del gobierno en la economía y la cantidad de corrupción que hay en él. La mejor medida contra la corrupción es la transparencia.

Una puntuación alta en estos indicadores se corresponde con países que tienen un alto PIB per cápita. Los países que han respetado mejor el *Estado de Derecho* en los últimos años tienen una mayor tasa de crecimiento promedio en ese periodo.

Los indicadores del *Estado de Derecho* están muy relacionados con niveles altos de inversión y crecimiento de empleo. Este concepto se considera fundamental para tener un progreso económico y prosperidad social.

5.3.2. Gobierno limitado

La medición de *Gobierno limitado* evalúa el grado en que los sistemas tributarios y la actividad económica que desarrolla el gobierno tienen sobre la economía.

Agrupar los indicadores de *Libertad fiscal* y el *Gasto público*.

El componente de *Libertad fiscal* es una medida de la carga fiscal impuesta por el gobierno. Mide la forma en la que el gobierno permite a los individuos y las empresas mantener y administrar sus ingresos y riquezas para su propio uso y beneficio. Incluye tanto los impuestos directos como indirectos y está compuesto por las tasas marginales máximas aplicadas a los ingresos de las personas y de las empresas, y la carga impositiva total como porcentaje del PIB.

El componente de *Gasto Público* mide los gastos realizados por el gobierno, incluidos el consumo y las transferencias. Algunos gastos del gobierno como son la realización de infraestructuras pueden ser considerados como una inversión, pero todos los gastos deben ser financiados con incrementos de impuestos e implican un coste de oportunidad equivalente a la inversión que se habría producido si hubiese realizado con recursos provenientes del sector privado. El nivel ideal del gasto variará de unos países a otros, dependiendo de factores como la cultura, la geografía o el propio nivel de desarrollo, pero un nivel de gasto excesivo provoca déficits presupuestarios crónicos. Altos niveles de deuda pública acumulada debidos a un exceso de gasto público socavan la libertad económica e impiden el crecimiento.

5.3.3. Eficacia reguladora

La medición de *Eficacia reguladora* recoge la forma en que las normas influyen en la actividad económica, regulando el ciclo de vida de las empresas, la actividad laboral y el comportamiento de los mercados.

Agrupar los indicadores de *Libertad empresarial*, *Libertad laboral* y *Libertad monetaria*.

El componente de *Libertad empresarial* es un indicador de la eficiencia de la regulación gubernamental en los negocios. Trata sobre el derecho de un individuo para establecer, dirigir y cerrar una empresa sin sufrir interferencias indebidas del estado. Regulaciones redundantes y costosas son las formas más habituales que se dan para

obstaculizar el desarrollo de la actividad económica emprendedora. En algunos países, el proceso de obtención de una licencia empresarial es tan simple como enviar un correo con el formulario de registro, con un coste mínimo, y se resuelve de una manera rápida. En otros países, el proceso puede tardar mucho tiempo, ser muy gravoso, recorrer múltiples oficinas gubernamentales y encontrarse con funcionarios burócratas que a menudo son corruptos.

El componente de *Libertad laboral* mide la disponibilidad de los individuos a trabajar todo lo que quieran y donde quieran, siendo un componente clave de la libertad económica. De la misma manera, la capacidad de las empresas para contratar libremente la mano de obra y despedir a los trabajadores cuando no los necesite, es un mecanismo esencial para mejorar la productividad y mantener el crecimiento económico. La intervención del gobierno en el mercado laboral genera problemas similares a la de cualquier otro mercado. En general, cuanto mayor es el grado de libertad laboral, menor será la tasa de paro de una economía.

El componente de *Libertad monetaria* mide la estabilidad de la moneda y la determinación de los precios del mercado. Los mercados necesitan de una moneda estable en la que confían como medio de pago, unidad de cuenta y depósito de valor. El valor de la moneda de un país puede ser significativamente influenciado por la política monetaria del gobierno. Una política monetaria encaminada a combatir la inflación, mantener la estabilidad de los precios y preservar la riqueza, permitirá a la gente tener confianza en los precios del mercado, facilitando las inversiones a largo plazo y el ahorro.

5.3.4. Apertura de los mercados

La medición de la *Apertura de los mercados* recoge la influencia que sobre la actividad económica tienen las normas que regulan los mercados internacionales, la inversión empresarial y su financiación.

Agrupar los indicadores de *Libertad comercial*, *Libertad de inversión* y *Libertad financiera*.

El componente de *Libertad comercial* mide la apertura de una economía al flujo mundial de bienes y servicios, y la capacidad que los ciudadanos tienen para interactuar libremente como comprador o vendedor en el mercado internacional. Las restricciones se

presentan en forma de aranceles, cuotas de mercado o prohibiciones comerciales directas, o de otras formas más sutiles como la existencia de barreras normativas. Las consecuencias de las limitaciones son una pérdida de la capacidad de las personas para alcanzar sus objetivos económicos y maximizar su productividad y bienestar.

El componente de *Libertad de inversión*. Un ambiente de inversión libre y abierto ofrece las máximas oportunidades empresariales e incentiva la actividad económica, una mayor productividad y la creación de empleo. Un entorno propicio para la inversión se caracteriza por la transparencia y la equidad, el apoyo a todas las empresas y favorecerá la innovación y la competencia. Las restricciones a la circulación de capitales, tanto nacionales como internacionales, quebrantan la asignación eficiente de los recursos y reducen la productividad, distorsionando la toma de decisiones económicas. Cuantas más limitaciones imponga un país a la inversión, menor será su nivel de actividad empresarial.

El componente de *Libertad financiera*. Un sistema financiero accesible y con buen funcionamiento asegura a los individuos la disponibilidad de servicios diversificados de ahorro, crédito, medios de pago e inversión. Con la ampliación de las oportunidades de financiación y la promoción empresarial, un entorno bancario abierto fomenta la competencia en la intermediación financiera para los hogares y las empresas, así como para inversores y empresarios. El papel del gobierno en la regulación de estas instituciones debe ir encaminada a garantizar la transparencia, promover la divulgación de sus resultados y asegurar su integridad. Una regulación que vaya más allá de garantizar estos principios puede impedir la eficiencia, aumenta los costes financieros y limita la competencia.

5.4. Materiales y métodos

Para la realización de este estudio hemos obtenido los datos del *Índice de Libertad Económica* del portal de Internet de la Fundación Heritage¹. Existen datos detallados de la situación de cada uno de los países analizados en el año 2014 donde se incluye, además

¹ <http://www.heritage.org/index/download>

de los índices calculados, un conjunto de variables económicas. El tamaño de los datos es 187 filas y 43 columnas, incluyendo cabeceras.

También se han descargado¹ los datos de los índices que han obtenido los países desde que se comenzó a realizar su cálculo en el año 1995. Los datos que contiene son las puntuaciones de los once índices, el general y los diez específicos, además de la identificación de cada país y el año al que se refieren los índices, teniendo 13 columnas. Debido al volumen de los datos ha sido necesario descargarlos por partes, utilizando las seis regiones de países en los que están ordenados: ‘Asia y el Pacífico’ 842 filas, ‘Europa’ 884 filas, ‘África del Norte y Oriente Medio’ 361 filas, ‘África Subsahariana’ 945 filas, ‘América del Sur, Central y Caribe’ 581 filas, ‘América del Norte’ 61 filas, todos ellos con una fila de cabecera.

Por lo tanto nos encontramos con dos conjuntos de datos:

1. Datos de los índices del año 2014 con variables económicas
2. Datos de los índices desde el año 1995.

Tanto un conjunto de datos como el otro tienen algunos inconvenientes: existen datos faltantes, los países están identificados con su nombre completo, algunos datos económicos están editados con el símbolo \$ y el separador de miles, existen variables como los rankings que no nos interesan tratar.

Entre los datos obtenidos se encuentra el nombre en inglés de los países analizados. La utilización del nombre completo en los gráficos puede hacer que éstos sean ilegibles ya que en la mayoría de los casos se producirá un solapamiento de los nombres. Para aliviar esta situación hemos procedido a añadir una variable con el código internacional de países según la norma ISO 3166-1 (Asociación Española de Normalización y Certificación 2008). La traducción de los nombres a sus correspondientes códigos se ha realizado a través del paquete **countrycode** (Arel-Bundock 2013) existente en R, optando, de entre los códigos que nos ofrece, por el código ISO de tres caracteres. La relación de los países que estudiamos, con su código, podemos verla en el Anexo 4.

¹ <http://www.heritage.org/index/explore?view=by-region-country-year>

Procedemos a realizar en ambos conjuntos de datos las adaptaciones necesarias para dejarlos preparados para ser tratados, dándoles nombre a las variables y etiquetando las filas con el código de los países.

5.4.1. Adaptación del fichero de índices de 2014

Como hemos comentado anteriormente, hemos procedido a la descarga de datos en una hoja Excel. El fichero, además de la identificación de los países y de la región a la que pertenecen, contiene la posición de cada país en el ranking global y regional, las puntuaciones de cada uno de los índices y sus variaciones con respecto al índice del año 2013. También contiene un conjunto de variables económicas referidas a cada uno de los países. Los países relacionados son 186.

Las variables económicas incluidas en los datos y sus unidades de medida son: *Aranceles (%)*, *Tasa del Impuesto sobre la Renta (%)*, *Tasa del Impuesto de Sociedades (%)*, *Presión fiscal % sobre PIB¹*, *Gasto Público % sobre PIB*, *Población* (millones de personas), *PIB* (miles de millones de dólares, PPA²), *Tasa de Crecimiento del PIB (%)*, *Tasa de Crecimiento del PIB en 5 años (%)*, *PIB per Cápita* (miles de millones de dólares, PPA), *Desempleo (%)*, *Inflación (%)*, *Inversión Extranjera* (millones de dólares), *Deuda Pública (% PIB)*.

Procedemos a eliminar aquellos países (8 filas) a los que no se les ha calculado el índice debido a la falta de datos. Son: Afganistán, Iraq, Libia, Liechtenstein, Sudán, Siria, Somalia y Kosovo. En esta edición del índice se incorpora por primera vez a Brunei. También eliminamos Corea del Norte porque aun teniendo un valor en los índices (su índice global es 1.0 sobre 100) no se dispone de sus valores económicos y es claramente un valor atípico. Las filas que quedan disponibles son 177, si bien, hay tres variables que tienen datos faltantes en algunas líneas: la variable *Tasa de Crecimiento del PIB en 5 años (2)*, *Desempleo (22)* y *Deuda Pública (7)*. Cuba tiene la mayoría de sus variables económicas sin datos.

Eliminamos las columnas que contienen la diferencia de los índices del año 2014 con los índices del año 2013, así como las dos columnas existentes del ranking del índice

¹ PIB – Producto Interior Bruto

² PPA – Paridad de Poder Adquisitivo

y eliminamos también el nombre de los países dejando el código de país introducido anteriormente.

Añadimos cuatro nuevas variables que se corresponden con las áreas de los índices de libertad explicadas en párrafos anteriores: *Estado de Derecho (DER)*, *Gobierno limitado (GOB)*, *Eficacia reguladora (REG)*, *Apertura de mercados (MER)*. Estas variables se calculan realizando la media aritmética de los índices parciales que agrupan, siguiendo el mismo criterio de formación que el que se utiliza para construir el *Índice de Libertad Económica*.

Se recodifica la variable original *Region* que contiene los nombres de las agrupaciones de países realizada en la elaboración del índice por la variable *region* que contiene los valores 1 (Europa), 2 (Asia y Pacífico), 3 (África), 4 (América del Sur, Central y Caribe, y América del Norte). Se ha establecido un color para cada uno de ellos con objeto de que sean más fácilmente identificados en los gráficos.

El resultado es una matriz de datos con 178 filas y 31 columnas, incluyendo las etiquetas para ambas. Todas las variables son cuantitativas, salvo la variable *region* que es cualitativa y el código de país que es la etiqueta. En la Tabla 5-1 se muestra la lista de las variables existentes y el nombre dado para su tratamiento.

5.4.2. Adaptación del fichero de índices de todos los periodos

Los datos de las puntuaciones de los índices de libertad económica de los países de todos los periodos hemos podido descargarlos del portal de Internet de la Fundación Heritage exportándolos a seis hojas Excel en formato csv, que contienen para cada año, desde 1995, los valores del índice general y los diez específicos, además de la identificación del país y del año; 13 columnas. El número de periodos tratados son 20 aunque algunos países no tienen datos para todos ellos.

Los datos de ‘Asia y el Pacífico’ están constituidos por 841 filas, más la cabecera. En esta región encontramos datos para 43 países. Eliminamos la fila correspondiente a Brunei, incorporado en la última edición del índice, y las filas correspondientes a Bután, Kiribati, Macao, Maldivas, Micronesia, Papúa, Samoa, Islas Solomon, Timor, Tonga y Vanuatu por disponer sólo de datos desde el año 2009, además de Afganistán de los que no existen datos. Por lo tanto, los datos referentes a esta región son los correspondientes

a 30 países durante 20 años, con algunos datos faltantes que comentaremos posteriormente. La matriz final queda constituida por 601 filas, incluida la cabecera.

Variable	Concepto
iso3c	Código ISO de país en 3 caracteres
region	Región
ile	Índice de Libertad Económica
prop	Derechos de propiedad
cor	Libertad frente a la corrupción
fis	Libertad fiscal
gp	Gasto público
emp	Libertad empresarial
lab	Libertad laboral
mon	Libertad monetaria
com	Libertad comercial
inv	Libertad de inversión
fin	Libertad financiera
ara	Aranceles (%)
ren	Tasa del Impuesto sobre la Renta (%)
soc	Tasa del Impuesto de Sociedades (%)
pfis	Presión fiscal % sobre PBI
gpub	Gasto Público % sobre PBI
pob	Población (millones)
pib	PIB (miles de millones, PPP)
pib1	Tasa de Crecimiento del PIB (%)
pib5	Tasa de Crecimiento del PIB en 5 años (%)
ppc	PIB per Cápita (PPP)
paro	Desempleo (%)
inf	Inflación (%)
iox	Inversión Extranjera (millones)
dp	Deuda Pública (% PIB)
DER	Estado de derecho
GOB	Gobierno limitado
REG	Eficacia reguladora
MER	Apertura de mercados

Tabla 5-1: Variables del fichero de índices 2014

Los datos de ‘Europa’ están constituidos por 884 filas, más la cabecera. Los países incluidos en esta región son 45. Kosovo sólo tiene datos para los dos últimos años y de forma parcial y lo suprimimos. También quitamos las filas correspondientes a Liechtenstein al no tener contenido. Montenegro y Serbia sólo disponen de datos desde el año 2009 y también los descartamos. Por lo tanto, los datos referentes a esta región son los correspondientes a 41 países durante 20 años, con algunos datos faltantes que comentaremos posteriormente. La matriz final queda constituida por 795 filas, incluida la cabecera.

Los datos de ‘África del Norte y Oriente Medio’ están constituidos por 360 filas, más la cabecera. En esta región encontramos datos para 18 países. Eliminamos las filas correspondientes a Irak, Libia y Siria al no disponer de datos desde el año 2002. Por lo tanto, los datos referentes a esta región son los correspondientes a 15 países durante 20 años, con algunos datos faltantes que comentaremos posteriormente. La matriz final queda constituida por 301 filas, incluida la cabecera.

Los datos de ‘África Subsahariana’ están constituidos por 944 filas, más la cabecera. En esta región encontramos datos para 48 países. Somalia sólo los tiene datos para los cuatro últimos años, mientras que Sudán no tiene datos desde el año 2000, y los eliminamos. También quitamos las filas correspondientes Eritrea, Liberia, Santo Tomé-Príncipe y Seychelles, por disponer sólo de datos desde 2009, así como Angola, Burundi, Comoros y la República Democrática del Congo, por carecer de datos durante varios periodos. Por lo tanto, los datos referentes a esta región son los correspondientes a 38 países durante 20 años, con algunos datos faltantes. La matriz final queda constituida por 761 filas, incluida la cabecera.

Los datos de ‘América del Sur, Central y Caribe’ están constituidos por 580 filas, más la cabecera. En esta región encontramos datos para 29 países. Quitamos las filas correspondientes a Dominica, Santa Lucía y San Vicente y las Granadinas por disponer sólo de datos desde el año 2009. Por lo tanto, los datos referentes a esta región son los correspondientes a 26 países durante 20 años, con algunos datos faltantes. La matriz final queda constituida por 521 filas, incluida la cabecera.

Los datos de ‘América del Norte’ están constituidos por 60 filas, más la cabecera. En esta región encontramos datos para 3 países durante 20 años. La matriz final queda constituida por 61 filas, incluida la cabecera.

Construimos una matriz yuxtaponiendo las filas de los seis conjuntos de datos mencionados, dando origen a un único conjunto de datos compuesto por 3035 filas incluyendo la cabecera y que se corresponde con la información de 153 países durante 20 periodos, si bien es cierta la existencia de datos faltantes. Las columnas iniciales de esta matriz son las mismas que las existentes en las matrices originales.

Para no perder información, se ha añadido una variable *region* para codificar la zona a la que pertenece el país, donde se ha ubicado cada país en su continente. La distribución

final queda (1) Europa con 41 países, (2) Asia y Oceanía con 41 países, (3) África con 42 países, (4) América con 29 países.

Además se han añadido las variables *Estado de Derecho (DER)*, *Gobierno limitado (GOB)*, *Eficacia reguladora (REG)*, *Apertura de mercados (MER)*, con el mismo criterio que el mencionado en el fichero anterior.

El resultado es una matriz de datos con 3035 filas y 18 columnas, incluyendo las etiquetas para ambas. Todas las variables son cuantitativas, salvo la variable *region* que es cualitativa. En la Tabla 5-2 se muestra la lista de las variables definidas y el nombre dado para su tratamiento. Todas las variables incluidas en este fichero están incluidas en el fichero de índices de 2014 visto en el apartado anterior y se refieren a los mismos conceptos.

Variable	Concepto
iso3c	Código ISO de país en 3 caracteres
year	Año
ile	Índice de Libertad Económica
prop	Derechos de propiedad
cor	Libertad frente a la corrupción
fis	Libertad fiscal
gp	Gasto público
emp	Libertad empresarial
lab	Libertad laboral
mon	Libertad monetaria
com	Libertad comercial
inv	Libertad de inversión
fin	Libertad financiera
region	Región
DER	Estado de derecho
GOB	Gobierno limitado
REG	Eficacia reguladora
MER	Apertura de mercados

Tabla 5-2: Variables del fichero total de los índices de libertad económica

El fichero así montado, de 3035 filas y 18 columnas, da soporte para la construcción de un cubo de datos de 153 individuos, 18 variables y 20 situaciones (no todos los países tienen registro en todos los años), utilizando el contenido de la variable *year* para generar la tercera dimensión.

5.5. Análisis del Índice de Libertad Económica en 2014

En el presente epígrafe vamos a analizar los datos correspondientes al año 2014.

Recordemos, para todos los análisis que vamos a realizar, que las puntuaciones de los índices oscilan entre 0 y 100, y que se califican como economías ‘verdaderamente libres’ cuando obtienen una puntuación mayor o igual a 80, ‘mayormente libres’ cuando la puntuación se encuentra entre 70 y 80, ‘moderadamente libres’ cuando la puntuación es entre 60 y 70, ‘Mayormente controlada’ con la puntuación entre 50 y 60, y ‘Reprimidas’ cuando su puntuación no llega a 50.

En primer lugar realizamos un estudio descriptivo de los índices de libertad para observar su distribución. El estudio detallado puede verse en el Anexo 6 (Análisis descriptivo del Índice de Libertad Económica). En la Figura 5-2 se muestra el diagrama de cajas de cada uno de los índices específicos y del general del año 2014, para todos los países estudiados. Se han coloreado por las áreas en las que están agrupados: gris para el índice general, naranja para los indicadores del *Estado de Derecho*, verde para *Gobierno limitado*, rojo para *Eficacia reguladora* y azul para *Apertura de mercados*. Se observa que el desarrollo de las distintas áreas es desigual.

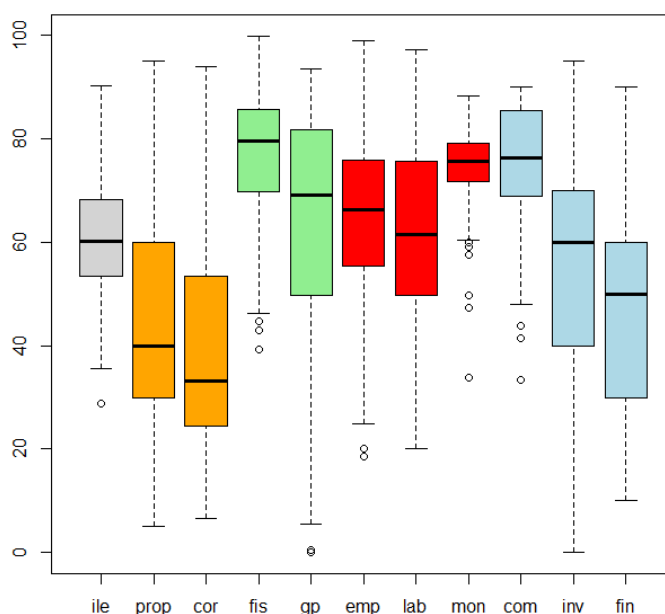


Figura 5-2: Diagramas de caja de los Índices de Libertad Económica, año 2014

5.5.1. Análisis de las variables económicas

En este epígrafe vamos a analizar la posición de los países respecto a las variables económicas usadas en la elaboración del *Índice de Libertad Económica* del año 2014. Realizamos un análisis HJ-Biplot de todos los países y todas las variables, salvo *desempleo (paro)* al existir 22 países carentes del dato. Suprimimos los países Cuba, y Macao al carecer de valores en algunas de las variables económicas. Timor Oriental tiene valores incongruentes en las variables *Presión fiscal (pfis)* y *Gasto Público (gpub)*. Los datos están centrados y escalados.

Podemos ver el gráfico biplot obtenido en la Figura 5-3. La inercia acumulada en el plano 1-2 es del 42%. Aun no siendo mucha debido a la cantidad de elementos utilizados la consideramos suficiente para mostrar las relaciones entre variables económicas y países.

Se han ocultado los elementos con una inercia acumulada en el plano menor de 300 (variables: *Tasa del impuesto sobre la Renta, Tasa del Impuesto de Sociedades, Presión fiscal, Inflación y Deuda Pública*, así como 82 países). Se utilizan los colores azul para Europa, naranja para Asia y Pacífico, verde para África, y rojo para América del Sur, Central y Caribe, y América del Norte. Se ha procedido a escalar los marcadores de los países respecto a las variables para obtener una representación con más claridad.

En el plano 1-2, el eje 1 está caracterizado por las variables *PIB per cápita (PPC)* y *Gasto Público* en un sentido, y por los *Aranceles, Tasa de Crecimiento del PIB (pib1)* y *Tasa de Crecimiento del PIB en 5 años (pib5)* en el sentido contrario. El eje 2 del plano está definido por la variable *Población*. Las variables *Inversión Extranjera (iex)* y *PIB* son variables de plano.

La variable que mejor define el desarrollo económico es el *PIB per cápita (PPC)* y se observa una relación positiva con el *Gasto Público* y opuesta al establecimiento de *Aranceles*. Estas variables son independientes de las variables *Población, PIB e Inversión Extranjera (iex)*.

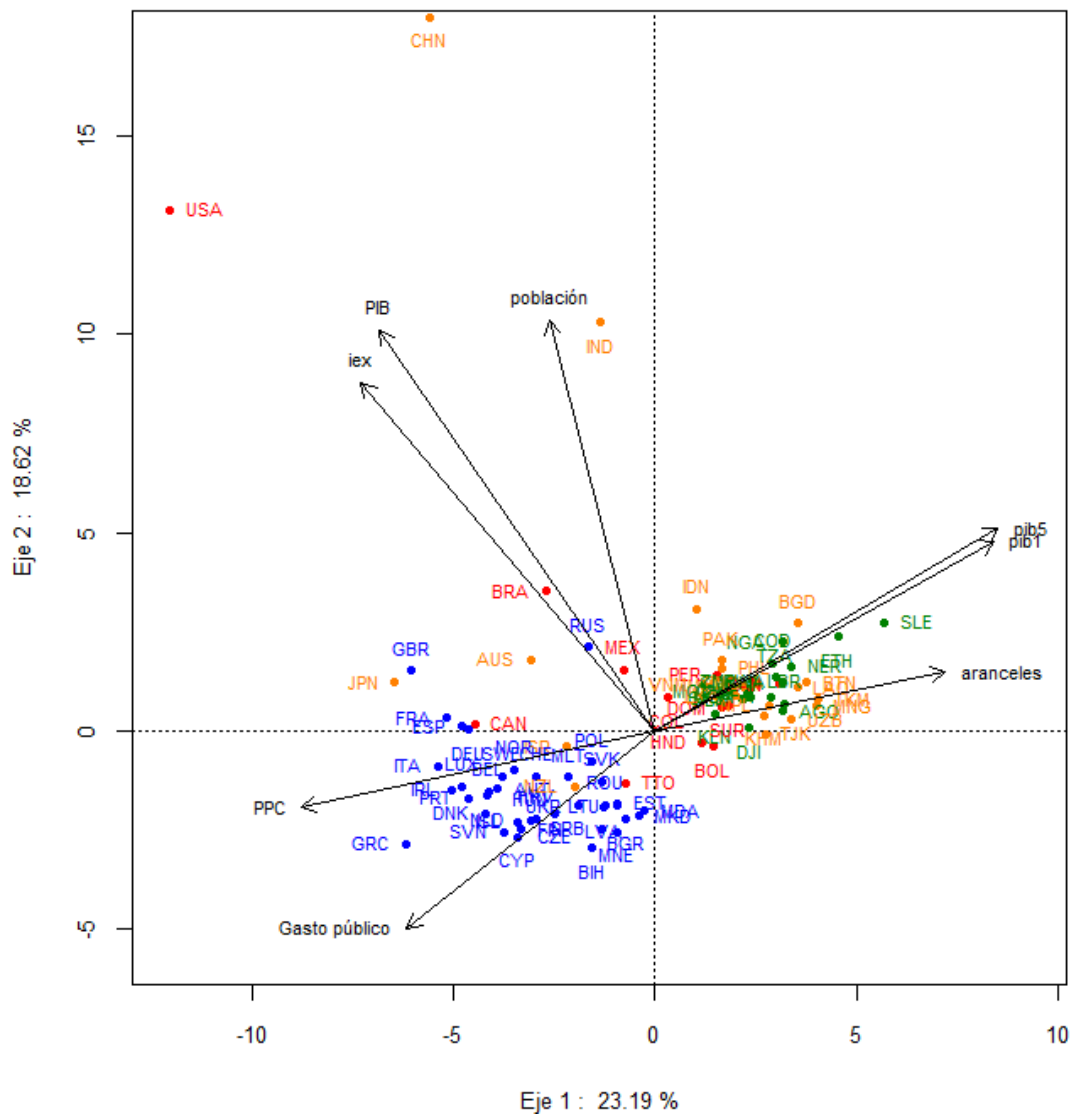


Figura 5-3: Análisis HJ-Biplot de variables económicas, datos centrados y escalados, año 2014

Se ve claramente posicionado a los Estados Unidos de América sobre la variable *Inversión Extranjera (iex)* y *PIB*, y a China e India sobre la variable *Población (pob)*. Sobre las variables que definen el eje 1 se posicionan la gran mayoría de los países europeos y países como Japón, Canadá y Australia. La gran mayoría de los países africanos y asiáticos se sitúan en las variables de *Tasa de Crecimiento del PIB (pib1 y pib5)* y *aranceles*, con valores cercanos al origen.

5.5.2. Análisis de los índices de libertad económica con las variables económicas

Para saber qué variables económicas son las que influyen en los índices de libertad y en qué medida, procedemos a analizar conjuntamente ambos tipos de variables.

Realizamos un análisis HJ-Biplot donde hemos eliminado la variable *desempleo (paro)* por el motivo ya citado. Se han centrado y escalado los datos. El resultado lo tenemos en la Figura 5-4.

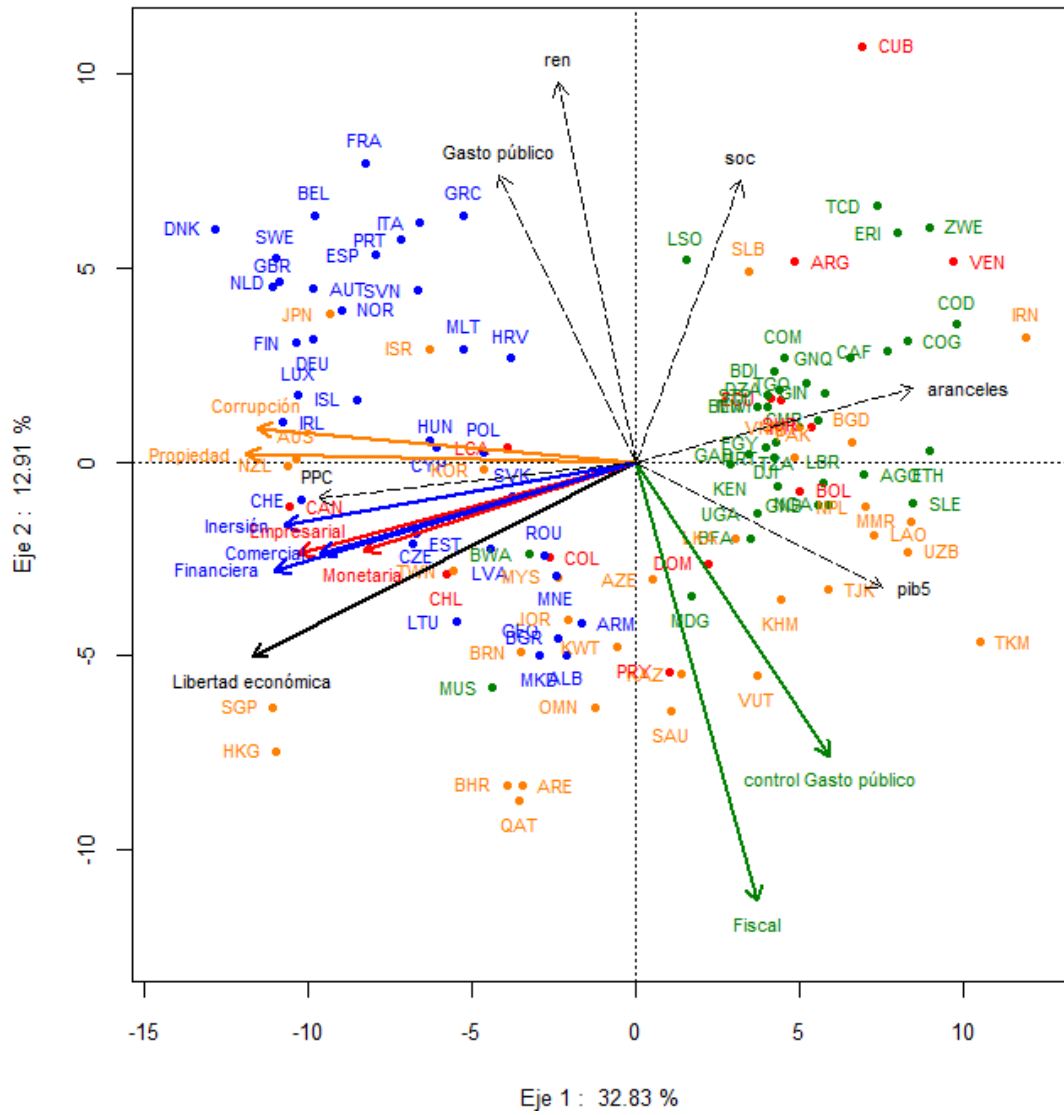


Figura 5-4: Índices de libertad (trazo continuo) vs Variables económicas (trazo discontinuo)

La inercia conseguida en el plano 1-2 es del 46%. Se han ocultado los elementos con una inercia acumulada en el plano menor de 300 (variables: *Libertad laboral (lab)*, *Presión fiscal (pfs)*, *Población (pob)*, *PIB (pib)*, *Tasa de Crecimiento del PIB (pib1)*, *Inflación (inf)*, *Inversión Extranjera (iex)* y *Deuda Pública (dp)*, al igual que 60 países). Se utilizan los mismos colores para las diferentes regiones de países y para los índices de libertad económica que hemos usado hasta ahora en análisis anteriores, dejando las variables económicas en negro de trazo fino y segmentado.

El eje 1 está caracterizado por la variable económica *PIB per Cápita (PPC)*, todas las variables de los índices de libertad económica salvo los pertenecientes al área de *Gobierno limitado (Libertad fiscal y control del Gasto público)*, y la variable *Aranceles* en sentido opuesto. Las variables económicas *Tasa del Impuesto sobre la renta (ren)*, *Gasto público* y *Tasa del Impuesto de sociedades (soc)* junto con la variable de *Libertad fiscal (fis)* en sentido opuesto, caracterizan al eje 2.

Por lo tanto, la variable económica que más influye de forma positiva en el *Índice de Libertad Económica* es el *PIB per Cápita (PPC)*, coincidiendo con lo expresado en el informe del *Índice de Libertad Económica 2014* (Miller et al. 2014), y de forma completamente opuesta, los *Aranceles*, lo cual corrobora lo expuesto en el capítulo 5.2. El resto de variables económicas suficientemente bien representadas son independientes, como el *Gasto público* y *Tasa del Impuesto sobre la renta (ren)*, o con una cierta dependencia negativa, como la *Tasa del Impuesto de sociedades (soc)* y la *Tasa de Crecimiento del PIB en 5 años (pib5)*.

Observando los países suficientemente bien representados, en la parte positiva del índice figuran todos los países europeos y los asiáticos más desarrollados económicamente: Hong Kong, Singapur, Nueva Zelanda, Australia, Japón, Qatar, Bahrein y los Emiratos Árabes Unidos. En América destacan Canadá y Chile, y en África, Mauricio y Botsuana. En la parte opuesta al índice aparecen la mayoría de los países de Asia y de África, así como algunos de América del sur como Cuba, Venezuela, Argentina, Ecuador, Bolivia y Haití.

5.6. Biplot Dinámico del Índice de Libertad Económica

Para analizar el comportamiento de la Libertad Económica mundial procedemos a analizar los datos definidos en el epígrafe 5.4.2, que recogen las puntuaciones del *Índice de Libertad Económica* de la mayoría de los países existentes en el mundo (153), durante diversos periodos (20). Debido a la gran cantidad de datos faltantes en varios países (55), sobre todo en los primeros años de elaboración del índice, hemos procedido a eliminar de la matriz de datos el año 1995. El resto de datos faltantes los hemos completado con el valor más próximo del país afectado; eliminamos Macedonia por tener sólo datos desde el año 2002. La variable que recoge las puntuaciones de *Libertad laboral* sólo tiene datos desde el año 2005 y procedemos a rellenar los años anteriores con el valor de ese año de cada país. Trabajamos pues con los datos de 152 países durante 19 años.

5.6.1. Paso 1 del Biplot Dinámico: análisis estático

Realizamos el primer paso del análisis, el análisis estático, con los índices de libertad, el global y los diez índices parciales, y todos los países (152). Utilizamos el método HJ-Biplot con datos centrados y fijamos la situación de referencia la correspondiente al año 2014 que es la situación más reciente que tenemos (Figura 5-5).

Como se ha manifestado anteriormente este análisis recoge la situación actual de las relaciones entre los diversos índices de libertad económica y los países estudiados.

El plano 1-2 recoge una inercia del 77% de los que el 60% se corresponde con el primer eje factorial. Debido a la importante cantidad de inercia recogida en este plano, se puede subir el margen de los elementos a representar en él, ocultado aquellos elementos con una inercia acumulada menor de 500 (variables: *Libertad laboral* y *Libertad monetaria*, así como 41 países). Se utilizan los mismos colores por regiones e índices de libertad que se están usando en el presente capítulo.

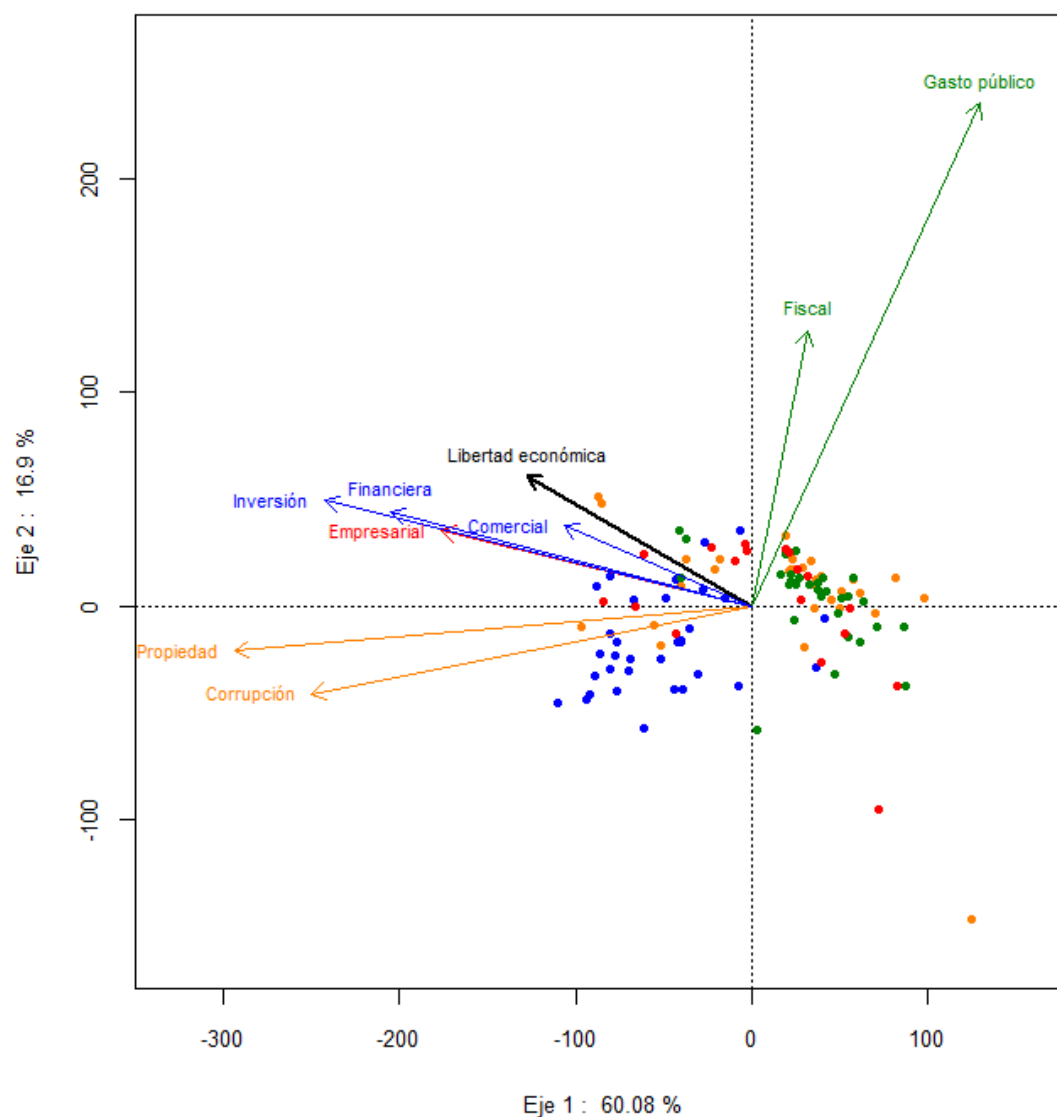


Figura 5-5: Etapa1: Análisis estático de los índices de libertad económica del año 2014

En la Tabla 5-3 se muestran la inercia de las variables en los cuatro primeros ejes, donde se ha resaltado aquellas que acumulan más de 500 en el plano 1-2.

Prácticamente todas las variables bien representadas son de eje 1 salvo las variables *Libertad fiscal* y control del *Gasto Público* que caracteriza el eje 2. Las variables *Derechos de propiedad*, *Libertad frente a la corrupción* y *Libertad de inversión* son las que más contribuyen al eje 1. La variable que representa al *Índice de Libertad Económica* es una variable de plano y tiene una inercia acumulada en este plano de 996, lo que indica gran calidad de representación.

Variable	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4
Libertad económica	813	183	1	0
Propiedad	898	5	7	64
Corrupción	838	23	30	70
Fiscal	34	575	43	33
Gasto público	205	681	8	95
Empresarial	657	26	30	15
Laboral	216	198	341	88
Monetaria	316	144	31	7
Comercial	503	61	1	102
Inversión	722	30	168	24
Financiera	761	35	52	5

Tabla 5-3: Inercia de las variables de los índices de libertad en los cuatro primeros ejes

La relación existente entre todas las variables que caracterizan el eje 1 nos confirma la afirmación que realiza Miller et al. (2013a) cuando dice que todos los índices son complementarios y que el progreso de un determinado índice seguramente reforzará los demás, afirmación que no es válida con los índices del área de *Gobierno limitado* (*Libertad fiscal* y control de *Gasto público*) que son prácticamente independientes del resto de los índices, con tendencia a la oposición.

Para observar mejor la posición de los países en el gráfico hemos procedido a escalar sus marcadores (Figura 5-6), quedando fuera de los límites de la figura Corea del Norte (PKR) y Cuba (CUB).

Todos los países europeos con buena representación, están ubicados en la parte del eje 1 caracterizada por los índices de libertad económica, salvo Rusia (RUS), Ucrania (UKR) y Grecia (GRC) que obtienen malas puntuaciones en el *Índice de Libertad Económica*; son los países que más se caracterizan en *Derechos de propiedad* y *Libertad frente a la corrupción*, junto con países como Nueva Zelanda (NZL), Australia (AUS), Hong Kong (HKG), Singapur (SGP), Canadá (CAN), Estados Unidos de América (USA), Japón (JPN), Chile (CHL), Barbados (BRB), Corea del Sur (KOR) e Israel (ISR). Como contrapartida, obtienen peores puntuaciones en el control del *Gasto público* y *Libertad fiscal*.

El resto de los países, la mayoría de Asia, África y algunos de América del Sur, tienen malas puntuaciones en todos los índices salvo en el control de *Gasto público* y *Libertad fiscal*. Se observa que dentro de ellos los países asiáticos tienen mejor

puntuación en este concepto que los demás. Países como Argelia (DZA), Ecuador (ECU), Ucrania (UKR), Argentina (ARG), Venezuela (VEN), Zimbabue (ZWE), Cuba (CUB) y Corea del Norte (PKR), obtienen malas puntuaciones en todos los índices.

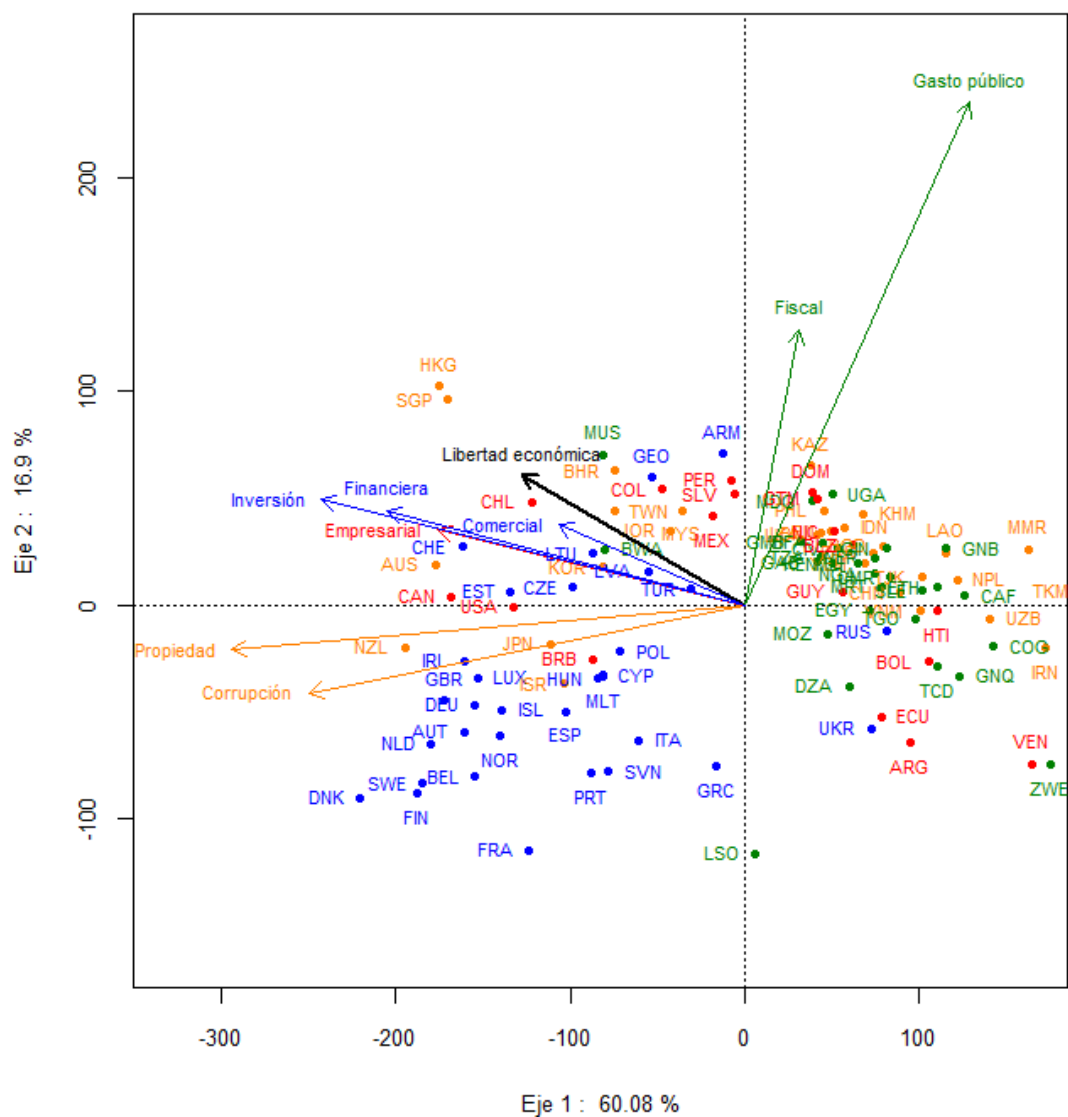


Figura 5-6: Detalle de los marcadores de los países en 2013

Los países mejor representados sobre el *Índice de Libertad Económica* son Hong Kong (HKG), Singapur (SGP), Australia (AUS), Suiza (CHE), Nueva Zelanda (NZL), Canadá (CAN), Chile (CHL) y Dinamarca (DNK), destacando las buenas puntuaciones de Isla Mauricio (MUS), Estonia (EST), Bahrein (BHR) y Colombia (COL).

5.6.2. Paso 2 del Biplot Dinámico: análisis dinámico

En la segunda fase del estudio realizamos el análisis dinámico. Sobre el gráfico biplot obtenido en el primer paso proyectamos la situación de las variables en cada uno de los años, obteniendo sus trayectorias. La situación global podemos verla en la Figura 5-7.

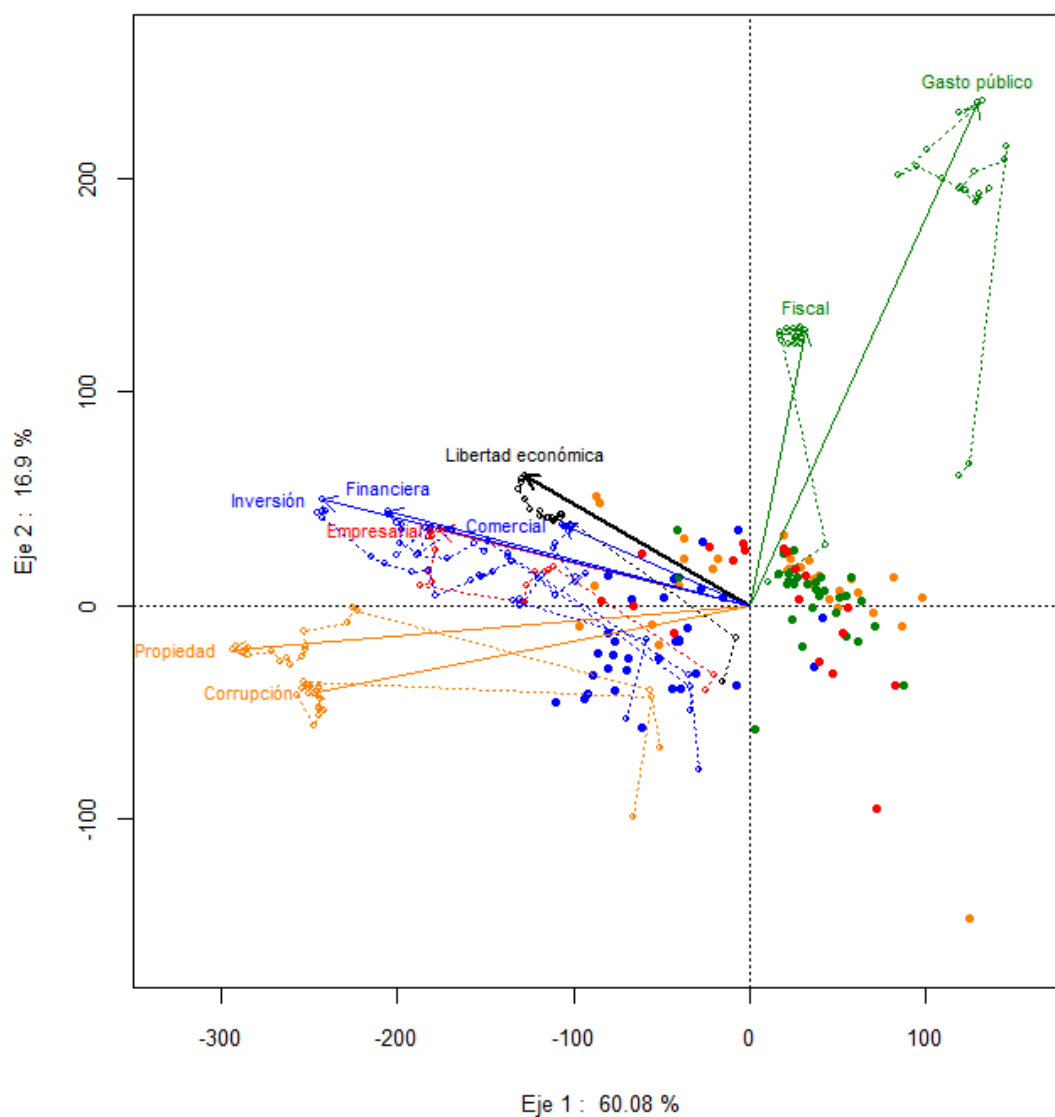


Figura 5-7: Etapa2: Análisis dinámico, vista general de la trayectoria de los índices de libertad económica de todos los periodos, referencia año 2014.

En la Tabla 5-4 podemos ver los coeficientes de determinación de cada proyección realizada para calcular los marcadores de las variables, sirviéndonos como medida de la calidad de representación de las trayectorias. Todos los p-valor de los ANOVAs de las regresiones son significativos salvo en el año 1996 para las variables *fis*, *lab*, *mon*, y en el año 1997 para las variables *ile*, *lab*, *mon* y *fin*.

R ²	ile	prop	cor	fis	gp	emp	lab	mon	com	inv	fin
1996	0,0674	0,0899	0,1236	0,0054	0,1425	0,0694	0,0215	0,0012	0,1563	0,1303	0,0587
1997	0,0132	0,0613	0,0522	0,063	0,1849	0,0468	0,007	0,0134	0,0778	0,054	0,0362
1998	0,5967	0,6015	0,6736	0,3788	0,6756	0,4287	0,3025	0,2016	0,3924	0,3873	0,3708
1999	0,6107	0,6255	0,6705	0,3888	0,653	0,4845	0,3025	0,2355	0,3971	0,3753	0,3832
2000	0,6628	0,6461	0,6759	0,4545	0,6512	0,4836	0,3025	0,2996	0,408	0,3782	0,4233
2001	0,708	0,7088	0,7046	0,4587	0,6481	0,544	0,3025	0,2693	0,3793	0,4437	0,4992
2002	0,7497	0,7421	0,7085	0,4735	0,6603	0,5849	0,3025	0,2686	0,4123	0,4407	0,5575
2003	0,7557	0,7496	0,7275	0,4954	0,6149	0,5821	0,3025	0,3168	0,3196	0,467	0,5486
2004	0,7939	0,7657	0,7579	0,5127	0,657	0,6068	0,3025	0,3839	0,3122	0,4796	0,514
2005	0,8157	0,7913	0,8012	0,5177	0,6857	0,6068	0,3025	0,3865	0,297	0,5377	0,5254
2006	0,8679	0,7907	0,8045	0,4958	0,6835	0,6746	0,3306	0,3891	0,3301	0,5864	0,5445
2007	0,8784	0,8113	0,8174	0,5256	0,7235	0,679	0,3261	0,4333	0,4268	0,6547	0,5575
2008	0,8927	0,8306	0,8424	0,5247	0,6985	0,6848	0,3316	0,423	0,4003	0,7145	0,655
2009	0,9128	0,8553	0,8773	0,5622	0,6544	0,6664	0,3471	0,3973	0,4828	0,7334	0,732
2010	0,9409	0,8927	0,8782	0,5805	0,6597	0,6565	0,3431	0,4017	0,5041	0,738	0,7441
2011	0,9537	0,9041	0,867	0,6134	0,6849	0,6616	0,3833	0,4195	0,5278	0,7371	0,7529
2012	0,968	0,9046	0,8605	0,5673	0,7778	0,6562	0,4034	0,43	0,5219	0,7333	0,7627
2013	0,9828	0,9036	0,8353	0,5977	0,8437	0,6623	0,4216	0,4328	0,5439	0,7295	0,7903
2014	0,9961	0,9022	0,8605	0,6082	0,8861	0,6825	0,4146	0,4604	0,5643	0,7519	0,796

Tabla 5-4: Coeficientes de determinación de las variables, en el plano 1-2.

Observando los coeficientes de determinación obtenidos en las proyecciones, se ven valores muy bajos en los correspondientes a los años 1996 y 1997 en todas las variables. También se observa que las variables peor representadas en el gráfico biplot (*lab* y *mon*) tienen sus coeficientes con valores menores del 50%. En general, los coeficientes de todas las variables son mayores a medida que se acercan a la situación de referencia. Esta situación provoca un trazo irregular en las trayectorias mostradas en la Figura 5-7 que no nos llevan a dar una interpretación válida.

Continuaremos el análisis estudiando los datos desde el año 1998 en adelante, teniendo pues disponibles 17 periodos. En la Figura 5-8 vemos las trayectorias resultantes.

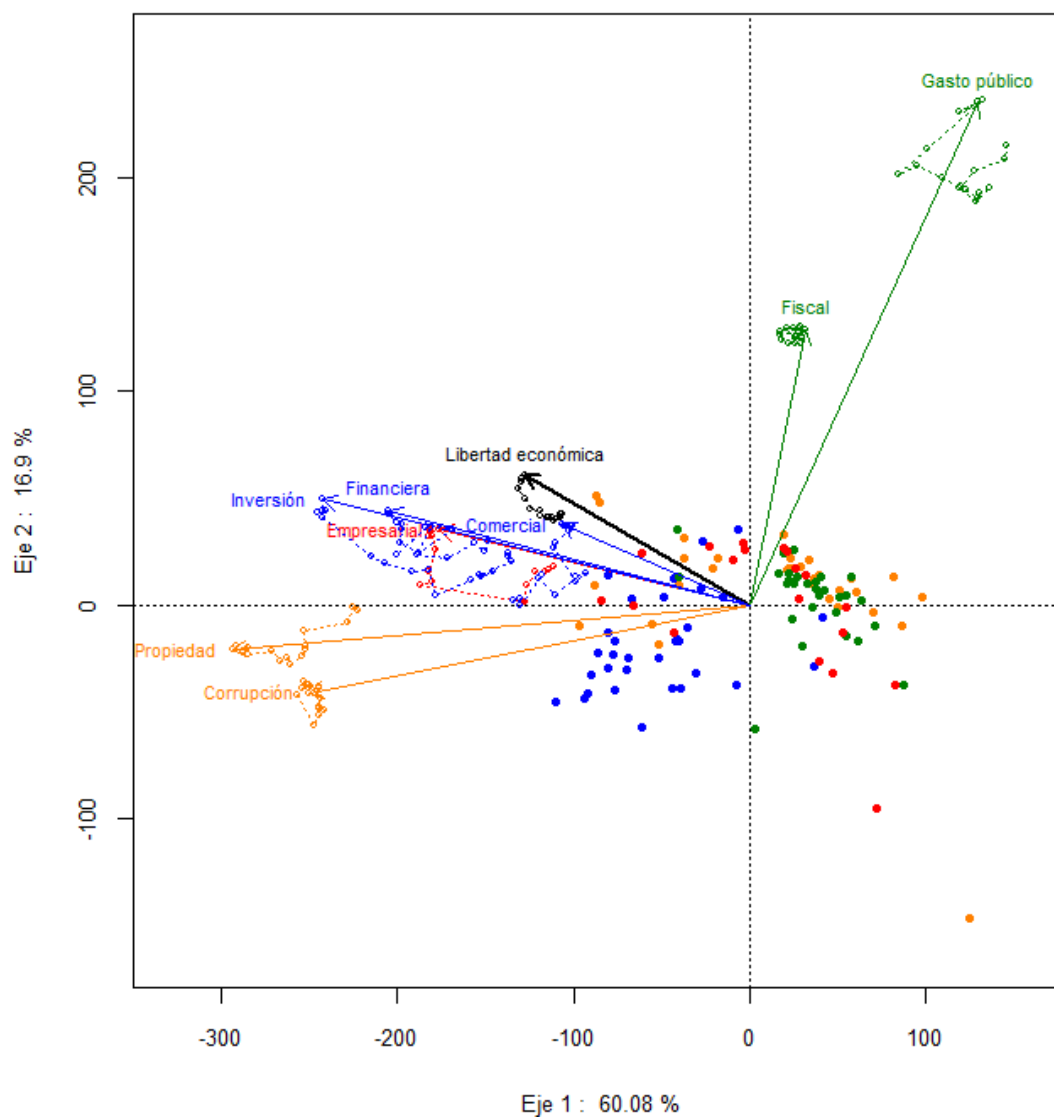


Figura 5-8: Etapa2: Análisis dinámico, vista general de la trayectoria de los índices de libertad económica. Las trayectorias terminan en la situación de referencia, año 2014.

En la Tabla 5-5 podemos ver los coeficientes de determinación de las proyecciones realizadas para calcular los marcadores de las variables, que nos sirven como medida de la calidad de representación. Todos los p-valor de los ANOVAs de las regresiones son significativos.

R²	ile	prop	cor	fis	gp	emp	lab	mon	com	inv	fin
1998	0,5967	0,6015	0,6736	0,3786	0,6755	0,4287	0,3023	0,2015	0,3924	0,3873	0,3708
1999	0,6107	0,6255	0,6705	0,3888	0,653	0,4845	0,3025	0,2355	0,3971	0,3753	0,3832
2000	0,6628	0,6461	0,6759	0,4545	0,6512	0,4836	0,3025	0,2996	0,408	0,3782	0,4233
2001	0,708	0,7088	0,7046	0,4587	0,6481	0,544	0,3025	0,2693	0,3793	0,4437	0,4992
2002	0,7497	0,7421	0,7085	0,4735	0,6603	0,5849	0,3025	0,2686	0,4123	0,4407	0,5575
2003	0,7557	0,7496	0,7275	0,4954	0,6149	0,5821	0,3025	0,3168	0,3196	0,467	0,5486
2004	0,7939	0,7657	0,7579	0,5127	0,657	0,6068	0,3025	0,3839	0,3122	0,4796	0,514
2005	0,8157	0,7913	0,8012	0,5177	0,6857	0,6068	0,3025	0,3865	0,297	0,5377	0,5254
2006	0,8679	0,7907	0,8045	0,4958	0,6835	0,6746	0,3306	0,3891	0,3301	0,5864	0,5445
2007	0,8784	0,8113	0,8174	0,5256	0,7235	0,679	0,3261	0,4333	0,4268	0,6547	0,5575
2008	0,8927	0,8306	0,8424	0,5247	0,6985	0,6848	0,3316	0,423	0,4003	0,7145	0,655
2009	0,9128	0,8553	0,8773	0,5622	0,6544	0,6664	0,3471	0,3973	0,4828	0,7334	0,732
2010	0,9409	0,8927	0,8782	0,5805	0,6597	0,6565	0,3431	0,4017	0,5041	0,738	0,7441
2011	0,9537	0,9041	0,867	0,6134	0,6849	0,6616	0,3833	0,4195	0,5278	0,7371	0,7529
2012	0,968	0,9046	0,8605	0,5673	0,7778	0,6562	0,4034	0,43	0,5219	0,7333	0,7627
2013	0,9828	0,9036	0,8353	0,5977	0,8437	0,6623	0,4216	0,4328	0,5439	0,7295	0,7903
2014	0,9961	0,9022	0,8605	0,6082	0,8861	0,6825	0,4146	0,4604	0,5643	0,7519	0,796

Tabla 5-5: Coeficientes de determinación de las variables, en el plano 1-2.

Los coeficientes de determinación resultantes nos muestran valores menores del 50% para las variables peor representadas en el gráfico biplot (*lab* y *mon*). Otras variables tienen sus primeros periodos con valores bajos, terminando con valores superiores, teniendo una representación intermedia (*fis*, *emp*, *com*, *inv*, *fin*).

En el presente apartado analizaremos las trayectorias de los índices de libertad económica suficientemente bien representados en el gráfico biplot. Debido al elevado número de países incluidos en el estudio, omitiremos aquí el estudio de sus trayectorias, afrontándolo en epígrafes posteriores para aquellos países que presenten unas determinadas características, tales como que tengan la mejor o la peor puntuación, pertenezcan a la Unión Europea o al continente americano.

Para apreciar mejor las trayectorias procedemos a realizar un zoom del gráfico por zonas, ocultando convenientemente algunos elementos para dar más claridad a las partes mostradas.

En la Figura 5-9a se muestra la trayectoria del *Índice de Libertad Económica*, que tiene una alta calidad de representación. Se aprecia la evolución positiva que ha tenido el índice a lo largo del tiempo, sobre todo desde el año 2005 hasta el 2010. En los últimos

años se ha producido un estancamiento. También se observa una tendencia a separarse del resto de los índices con un ligero acercamiento al índice de control de *Gasto público*. En esta figura también se aprecia la trayectoria del índice de *Libertad comercial* que, aunque peor representado, después de descender hasta el año 2005, se incrementa hasta el 2009, manteniéndose posteriormente y, todo ello, acercándose al índice general.

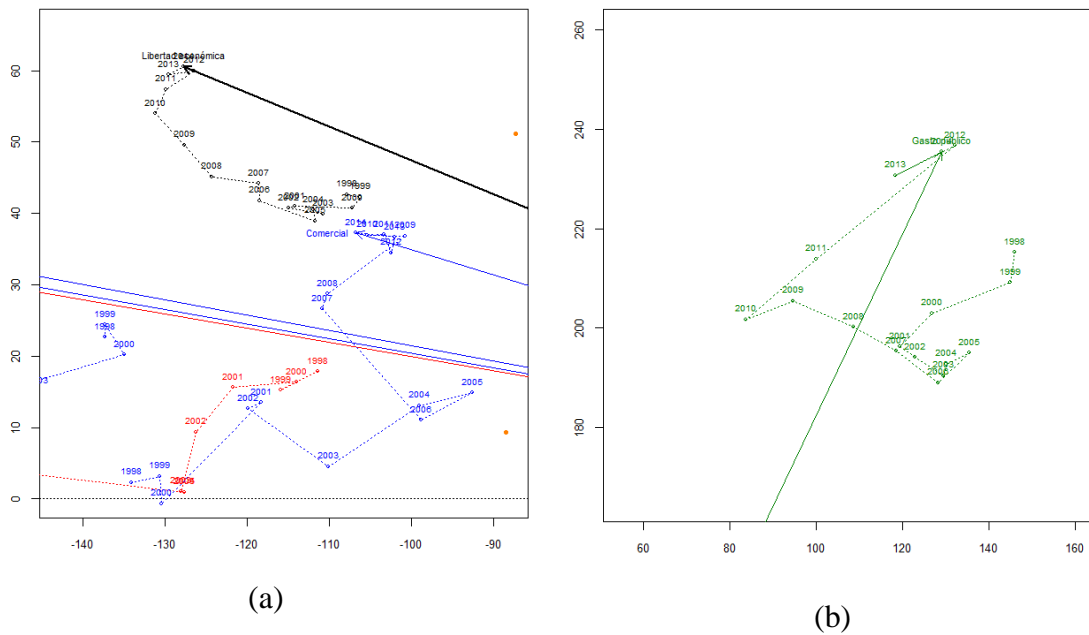


Figura 5-9: Trayectorias de: (a) Índice de Libertad Económica; (b) control de Gasto público

En la Figura 5-9b se representa la trayectoria del índice de control de *Gasto público*, que está bien representada. En los últimos años se aprecia un aumento claro, después de haber sufrido un descenso, y en el resto no tiene gran variación pero sí presenta un acercamiento al índice general. El índice de *Libertad fiscal*, no representado en la figura, no presenta prácticamente variaciones.

En la Figura 5-10a tenemos las trayectorias de los índices de *Libertad de inversión* y *Libertad financiera*, habiéndose ocultado otros elementos para dar claridad al gráfico. El primero tiene un claro crecimiento desde el año 2005 hasta el año 2011, produciéndose un estancamiento en los dos años siguientes y un ligero incremento en el último. El índice de *Libertad financiera* tiene altibajos a lo largo del periodo estudiado, aunque con

tendencia al alza. En ambos casos se va produciendo un acercamiento hacia el índice general desde el año 2005, periodo desde el que la representación consigue mejor calidad.

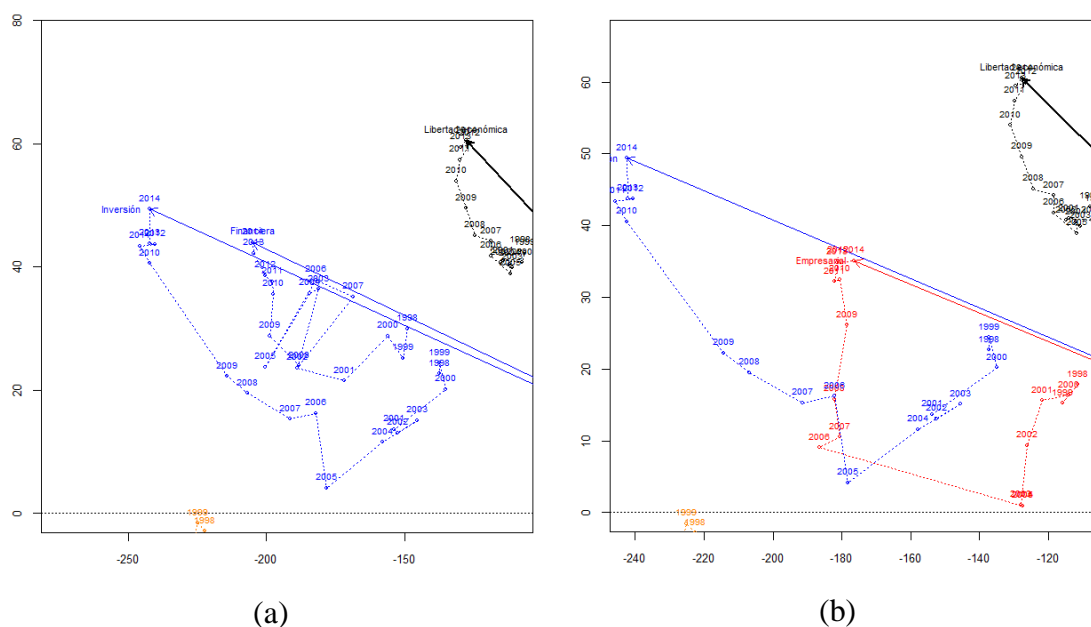


Figura 5-10: Trayectorias de los índices de: (a) Libertad de inversión y Libertad financiera; (b) Libertad empresarial

En la Figura 5-10b observamos la trayectoria del índice de *Libertad empresarial*. Al igual que los índices anteriores, muestra una tendencia creciente con un avance importante en el año 2006, estancándose en los últimos años y con un acercamiento al índice general.

En la Figura 5-11 están representadas las trayectorias de los índices de *Derechos de propiedad* y *Libertad frente a la Corrupción*, que son dos variables bien representadas. La primera presenta un crecimiento constante, siendo menor en los últimos periodos. La *Libertad frente a la corrupción*, es el único índice con buena calidad de representación con tendencia negativa desde 2005, tiene una trayectoria bastante corta, incrementándose al principio y separándose del índice general, disminuyendo posteriormente hasta el año 2012 pero acercándose el índice general. A partir de 2013 se ha producido una mejora.

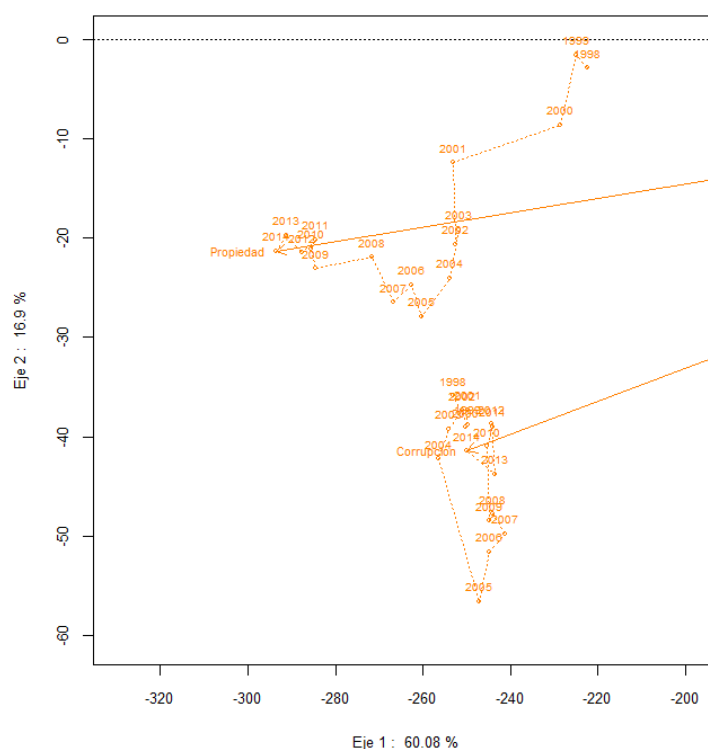


Figura 5-11: Trayectorias de los índices de: Derechos de propiedad y Libertad frente a la corrupción

5.7. Evolución de la libertad económica por regiones: comparativa de técnicas

Debido al elevado número de países que estamos utilizando vamos a proceder a analizar la evolución habida en el *Índice de Libertad Económica* realizando un Biplot Dinámico donde se han resumido las puntuaciones de cada índice por la media de cada región en los que los países están agrupados. También se han agrupado las puntuaciones de los índices que pertenecen a una misma área de libertad con objeto de tener menor número de variables que de individuos, dejando también la variable del *Índice de Libertad Económica*. El resultado es un cubo de 6 filas, 5 columnas y 19 situaciones, además de las variables de control.

Las regiones que usamos son: Europa (1), Asia y el Pacífico (2), África Subsahariana (3), América del Sur, Central y Caribe (4), América del Norte (5) y África del Norte y Oriente Medio (6). Utilizamos los mismos colores para los elementos que los usados hasta ahora.

Las reducidas dimensiones del cubo construido nos permiten, así mismo, observar las diferencias existentes en la aplicación de las técnicas biplot utilizadas habitualmente para datos tomados en diversos momentos y la nueva técnica del Biplot Dinámico.

Procederemos inicialmente a realizar análisis biplot de cada una de las situaciones para pasar a realizar un análisis de todos los datos yuxtaponiendo las filas, terminando con el tratamiento del cubo mediante el Biplot Dinámico.

5.7.1. Análisis independiente de cada situación

Para realizar este análisis se considera cada conjunto de datos medido en un determinado momento, independiente de los demás. Es necesario realizar tantos análisis biplot como situaciones tengamos, interpretando cada una de ellas de forma aislada, para posteriormente tratar de observar semejanzas o diferencias entre ellas. Tenemos 19 matrices de 6 filas y 5 columnas cada una.

La ventaja de este método es que somos capaces de explicar cada situación de la mejor forma posible. La desventaja es que la comparación ha de hacerse de forma visual y comparando cada una de las situaciones con todas las demás.

Todos los análisis han sido realizados con el programa dynBiplot presentado en el capítulo 4 que permite obtenerlos cambiando tan solo la situación de referencia.

En la Tabla 5-6 mostramos la inercia acumulada en el plano 1-2 de cada uno de los años, obtenida al realizar de forma independiente para cada situación un análisis HJ-Biplot con los datos centrados. En todos los casos se consigue una puntuación mayor al 90% y todos los elementos, variables e individuos, están bien representados en cada uno de los periodos.

año	eje1	eje2	plano 1-2
2014	92,57	7	99,57
2013	91,27	8,3	99,57
2012	89,8	9,8	99,6
2011	90,45	9,08	99,53
2010	91,03	8,51	99,54
2009	90,82	8,59	99,41
2008	90,49	8,69	99,18
2007	89,33	9,27	98,6
2006	88,87	9,54	98,41
2005	87,79	10,22	98,01
2004	88,31	9,67	97,98
2003	86,28	10,49	96,77
2002	84,9	11,68	96,58
2001	86,88	9,44	96,32
2000	81,36	12,58	93,94
1999	80,92	14,32	95,24
1998	81,17	13,72	94,89
1997	78,99	16,55	95,54
1996	75,77	19,66	95,43

Tabla 5-6: Inercia acumulada en el plano 1-2 para cada una de las situaciones

Para observar las diferencias, mostraremos los gráficos biplot realizados con el paquete dynBiplotGUI, donde se ha obtenido una imagen espejo de alguno de ellos para ofrecer convenientemente una estructura similar al conjunto (Figura 5-12). Los gráficos están ordenados de izquierda a derecha y de arriba abajo, comenzando en el año 2014.

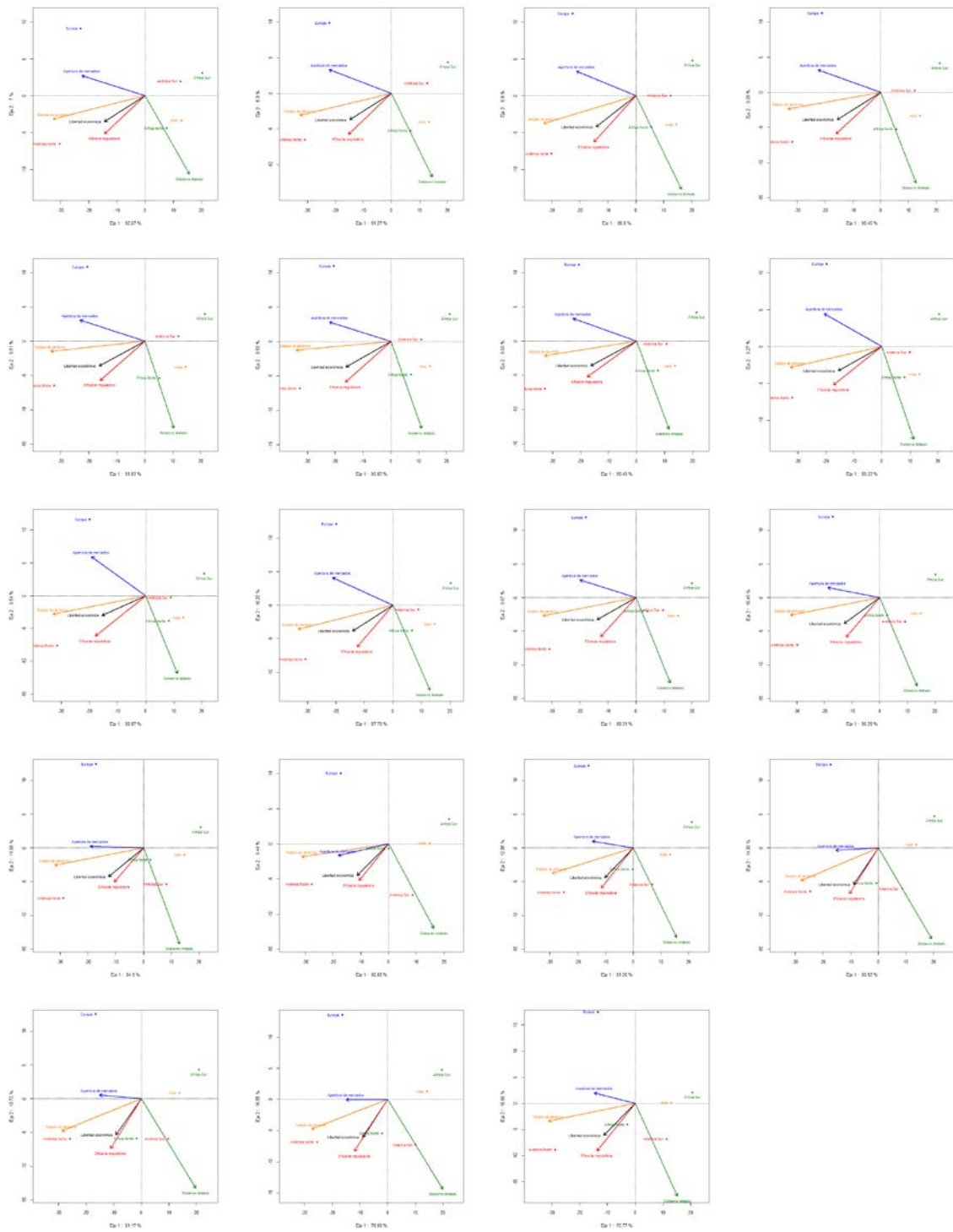


Figura 5-12: Gráficos biplot de todas las situaciones

Cada gráfico analiza una situación, existiendo variaciones tanto en las variables como en los individuos entre cada uno de los periodos.

5.7.2. Análisis de datos yuxtapuestos

En el análisis que hemos expuesto en el apartado anterior (5.7.1) no se realiza un estudio multivariante entre las diversas situaciones. Nos hemos limitado a estudiar cada una de ellas, tratando de ver su estructura.

Una forma que tradicionalmente se ha utilizado cuando queremos estudiar un conjunto de datos como el que tenemos es yuxtaponer todos los datos en una única matriz y aplicarle un análisis biplot. Dependiendo si deseamos estudiar la evolución de las variables o de los individuos realizaremos la yuxtaposición manteniendo las unas o los otros, teniendo presente que el número de columnas resultante no debe ser mayor que el de filas.

Construimos pues, una única matriz de datos añadiendo las filas de cada una de las situaciones a continuación de la anterior, obteniendo un conjunto de datos de trabajo de 5 columnas y 114 filas. Con esta matriz podemos observar la evolución de las zonas de países pero no la evolución de las variables. Utilizando la opción 'Biplot global' del panel 'Análisis' del paquete dynBiplotGUI anteriormente presentado, podemos realizar esta operación sin necesidad de realizar ningún movimiento de datos.

La ventaja de yuxtaponer los datos es que somos capaces de relacionar la totalidad de los mismos en un único análisis y gráfico. La desventaja es que se le da la misma importancia a todas las situaciones medidas, pudiendo ser alguna de ellas situaciones muy antiguas que ya no influyen en la situación que pretendemos estudiar, como sucede con nuestros datos que manejamos un intervalo de 19 años.

Otra desventaja importante es que solamente se pueden estudiar las trayectorias de una de las dimensiones, generalmente la de los individuos.

Procedemos a realizar un análisis HJ-Biplot de la matriz con los datos centrados. Se obtiene para el plano 1-2 una inercia acumulada del 91% con todas las variables con buena calidad de representación (Tabla 5-7); los marcadores de las regiones obtienen todos buena calidad de representación salvo los primeros periodos de la región África del Norte y Oriente Medio. El gráfico biplot obtenido con el programa dynBiplot está mostrado en la Figura 5-13. Se han unido los puntos obtenidos de las situaciones de cada área geográfica, generando su trayectoria.

Var	Eje 1	Eje 2
Libertad económica	807	192
Estado de derecho	940	11
Gobierno limitado	473	445
Eficacia reguladora	753	139
Apertura de mercados	684	103

Tabla 5-7: Inercia de las variables

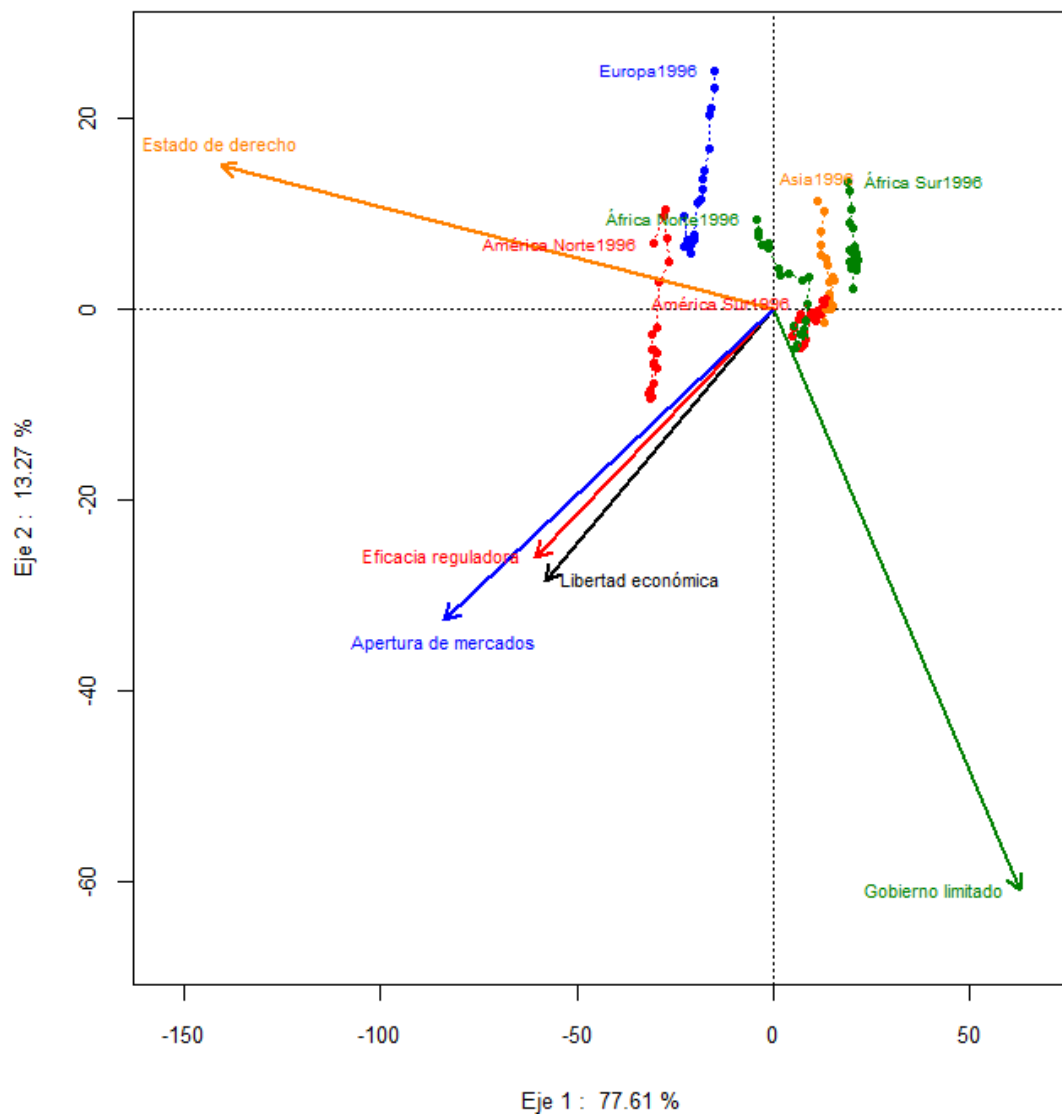


Figura 5-13: Análisis HJ-Biplot de la matriz yuxtapuesta. La etiqueta está situada en el primer periodo.

El eje 1 del plano recoge una inercia del 78% y está caracterizado por la variable de *Estado de derecho*; el eje 2 conserva una inercia del 13% y se caracteriza por la variable de *Gobierno limitado*. Las otras variables son variables de plano.

Bajo estas condiciones, el *Índice de Libertad Económica* está muy correlacionado con las áreas de *Eficacia reguladora* y *Apertura de los mercados*, siendo muy independiente de las áreas de *Gobierno limitado* y *Estado de derecho*.

Las trayectorias de las regiones comienzan en el año 1996, que es donde está situada la etiqueta.

Sólo existe un área de países que se encuentra en la parte mejor que la media del *Índice de Libertad Económica* y las variables correlacionadas con él (*Eficacia reguladora* y *Apertura de los mercados*) se corresponde con América del Norte, que destaca por tener en todos los periodos mejores puntuaciones que las demás en *Estado de derecho* pero tiene una puntuación peor que la media en *Gobierno limitado*, aunque presenta una tendencia a la mejoría en las demás áreas.

Las tendencias de América del Norte y Europa presentan una evolución positiva respecto al *Índice de Libertad Económica*, las dos variables muy correlacionadas con él (*Eficacia reguladora* y *Apertura de los mercados*) y la variable de *Gobierno limitado*, con un retroceso, lento pero constante, en *Estado de derecho*.

Las otras zonas de países están situadas en el gráfico casi por completo en la parte peor que la media de todos los índices durante todos los periodos analizados. En general tienen una evolución positiva en todos los índices salvo en *Estado de derecho*, prevaleciendo su enfoque positivo hacia el índice de *Gobierno limitado*. África Subsahariana es la peor situada, con un estancamiento en la evolución desde el año 2004. La región de Asia y el Pacífico tiene un crecimiento en todos los periodos con un descenso en el año 2010. África del Norte y Oriente Medio evoluciona positivamente hasta el año 2011 que comienza a descender. Por último, los países de América del Sur, Central y Caribe tienen una evolución positiva hasta el año 2000 produciéndose desde entonces un descenso continuado, con tímidos periodos de estancamiento.

5.7.3. Análisis del cubo de datos mediante Biplot Dinámico

Habiendo mostrado la forma habitual de tratar las matrices de datos con estructuras temporales embebidas en ellas, procedemos a realizar un estudio del cubo de datos con el análisis de Biplot Dinámico. Todos los cálculos se han realizado con el programa dynBiplot que ha sido presentado en el capítulo 4.

Fijando nuevamente la situación de referencia en el año 2014, realizamos un análisis HJ-Biplot con datos centrados por la media de cada variable en la situación de referencia, obteniendo un gráfico biplot (Figura 5-14) con una inercia acumulada en el plano 1-2 del 99,6%.

Las contribuciones relativas del factor a cada uno de los elementos podemos verlas en la Tabla 5-8, mostrando en la parte izquierda las contribuciones de las variables (columnas) y en la parte derecha la de las regiones (filas).

Índice	Eje 1	Eje 2	Región	Eje 1	Eje 2
Libertad económica	994	55	Europa	861	137
Estado de derecho	990	9	Asia	920	61
Gobierno limitado	682	313	África Sur	976	23
Eficacia reguladora	879	111	América Sur	959	24
Apertura de mercados	975	15	América Norte	955	44
			África Norte	737	241

Tabla 5-8: Contribuciones relativas de los elementos

El eje 1, que recoge el 93% de la variabilidad, está caracterizado por las variables de las áreas de *Estado de derecho*, *Apertura de mercados*, *Eficacia reguladora* y el *Índice de Libertad Económica*. El área de *Gobierno limitado* es una variable de plano cuya principal característica es que está en sentido opuesto a las demás y presenta gran independencia con el *Índice de Libertad Económica* y el área *Eficacia reguladora*.

Comparando estos resultados con los obtenidos en el análisis que da origen a la Figura 5-13 se observa la diferencia clara entre ambas, tanto en las relaciones de las variables como en las situaciones de las regiones.

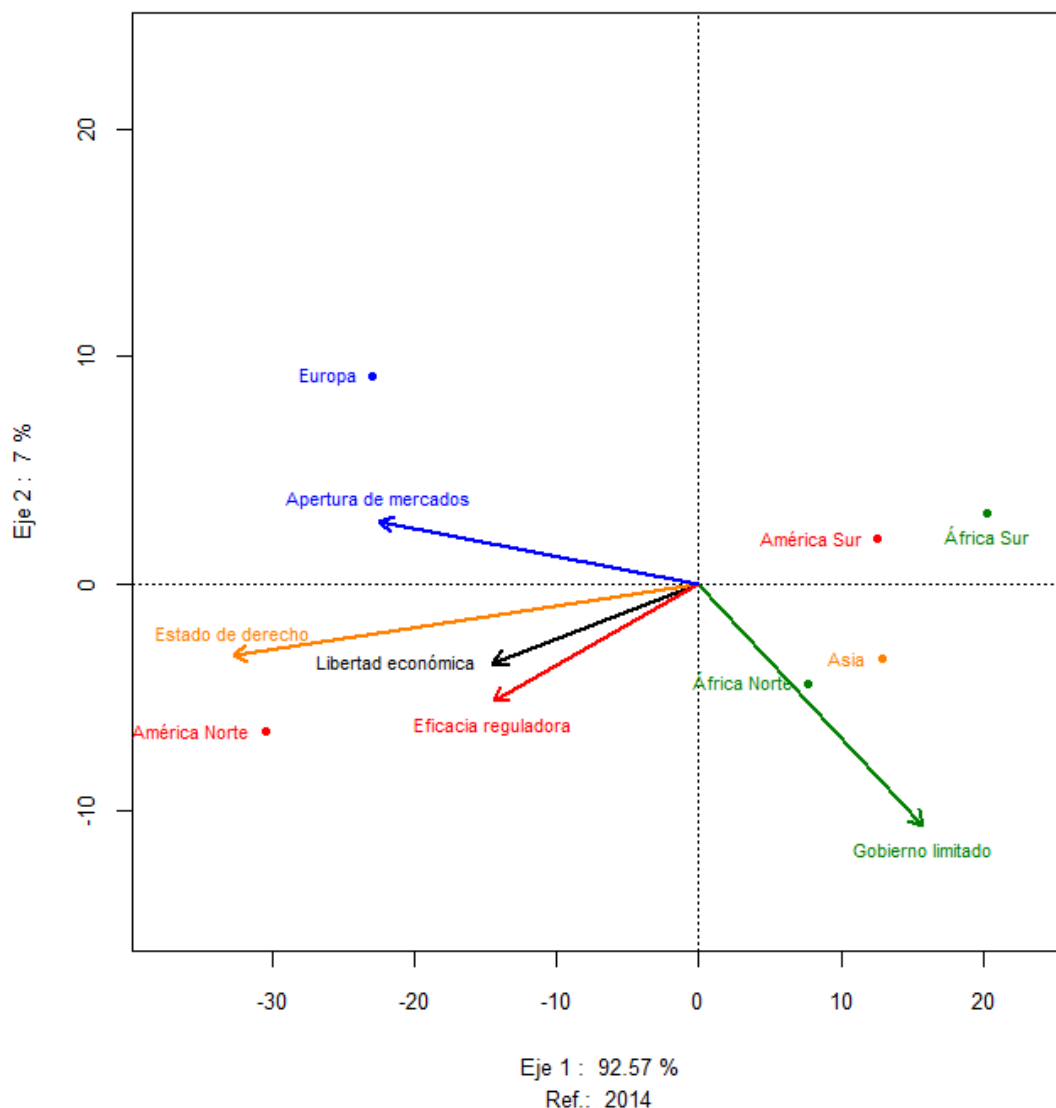


Figura 5-14: Análisis estático por regiones

Dos regiones de países, América del Norte y Europa, se sitúan notoriamente en la parte mejor que la media de la libertad económica, destacando la primera por su cercanía a la variable de *Estado de derecho* y la segunda por situarse claramente opuesta a la de *Gobierno limitado* lo que nos indica el fuerte control que tienen los gobiernos europeos sobre la actividad económica. El resto de áreas, África del Norte y Oriente Medio, Asia y Pacífico, América del Sur, Central y Caribe, y África Subsahariana destacan por tener una puntuación menor de la media en todos los índices salvo en *Gobierno limitado*. La región peor posicionada es África Subsahariana.

La parte dinámica del análisis la realizamos observando el comportamiento de las trayectorias que han seguido tanto las variables como las regiones.

En la Figura 5-15 están representadas las trayectorias que ha tenido cada área de libertad durante los periodos estudiados.

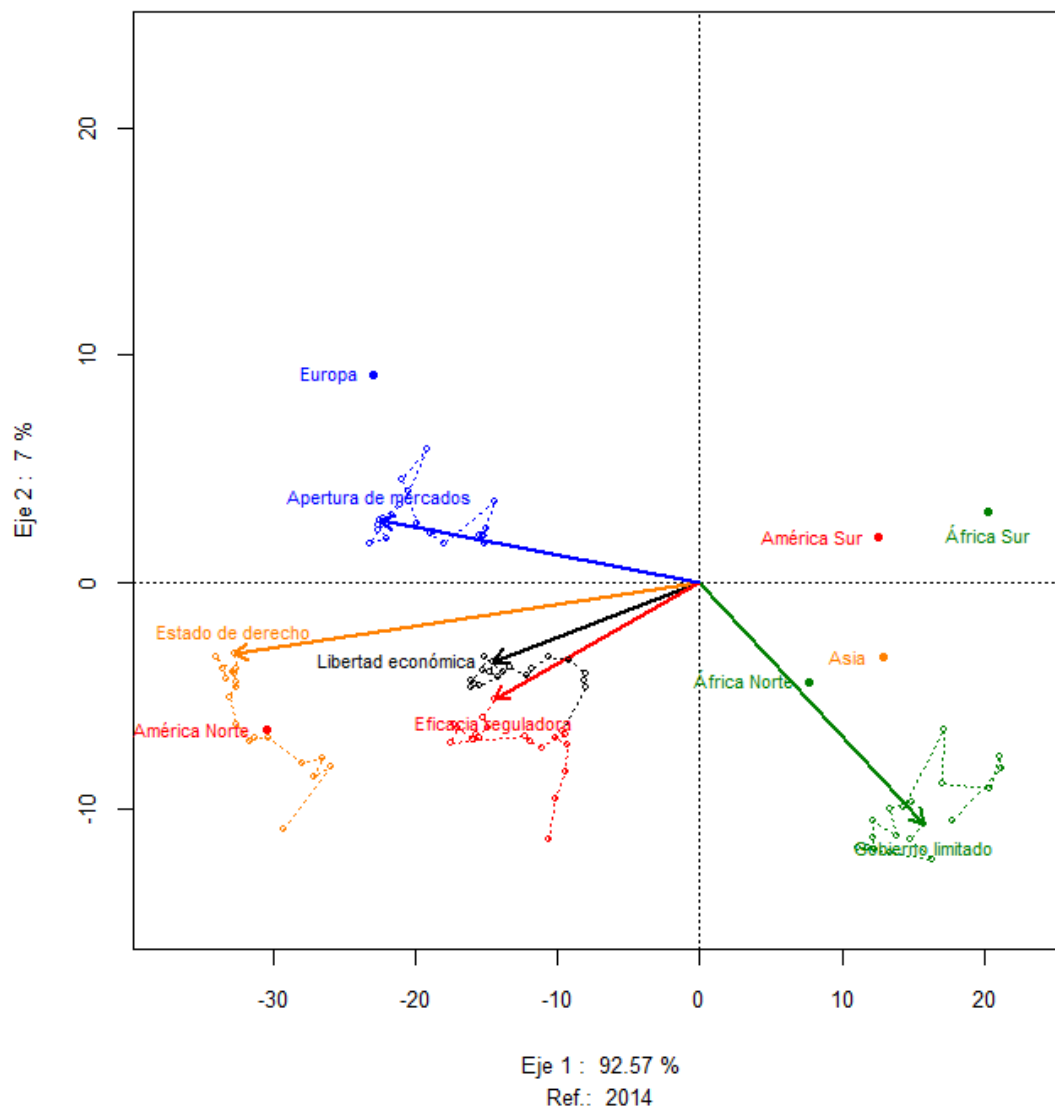


Figura 5-15: Análisis dinámico, trayectorias de las áreas de libertad

Las trayectorias terminan en el marcador correspondiente al año 2014. Los coeficientes de determinación conseguidos en todos los casos significativos son mayores del 86%. En cuanto al p-valor asociado a los ANOVA de las regresiones realizadas se

obtiene que todos ellos son significativos para la variable de *Estado de derecho*, que sólo son significativos a partir del año 2003 para las variables del *Índice de Libertad Económica* y *Gobierno limitado*, y a partir del año 2002 para las otras dos variables, *Eficacia reguladora* y *Apertura de mercados*, circunstancias que han de tenerse presente en la interpretación de las trayectorias.

El *Índice de Libertad Económica* no teniendo en cuenta años anteriores a 2003, su trayectoria es bastante estable, tiene altibajos hasta el año 2006, es creciente hasta el año 2010, descendiendo desde entonces hasta el año 2014.

El área de *Estado de derecho* es la que más diferencias marca. Presenta un descenso en el primer año estudiado seguido de un crecimiento moderado hasta el año 2005, permaneciendo desde entonces en niveles bastante estables, con ligera bajada desde el año 2011. Es interesante resaltar que la trayectoria tiende a separarse del índice global.

El área de *Apertura de mercados* no teniendo en cuenta años anteriores a 2002, mantiene un crecimiento desde el comienzo del periodo estudiado hasta el año 2008, manteniéndose desde entonces en niveles similares con altibajos, y con la trayectoria centrada sobre la variable.

El área de *Eficacia reguladora* no teniendo en cuenta años anteriores a 2002, presenta una trayectoria creciente hasta el año 2008, descendiendo progresivamente desde entonces hasta el año 2014. La trayectoria se va aproximando al índice global.

El área de *Gobierno limitado* no teniendo en cuenta años anteriores a 2003, presenta una trayectoria con altibajos en torno a la situación de referencia.

De lo visto anteriormente se desprende que los índices de libertad económica se retraen coincidiendo con el inicio de la crisis económica que nos afecta y que todavía no hemos superado.

Estas observaciones realizadas sobre las trayectorias de los índices de libertad económica corroboran las indicaciones realizadas en el documento del *Índice de Libertad Económica 2014* (Miller et al. 2014).

Las trayectorias que han tenido las distintas regiones geográficas están representadas en la Figura 5-16.

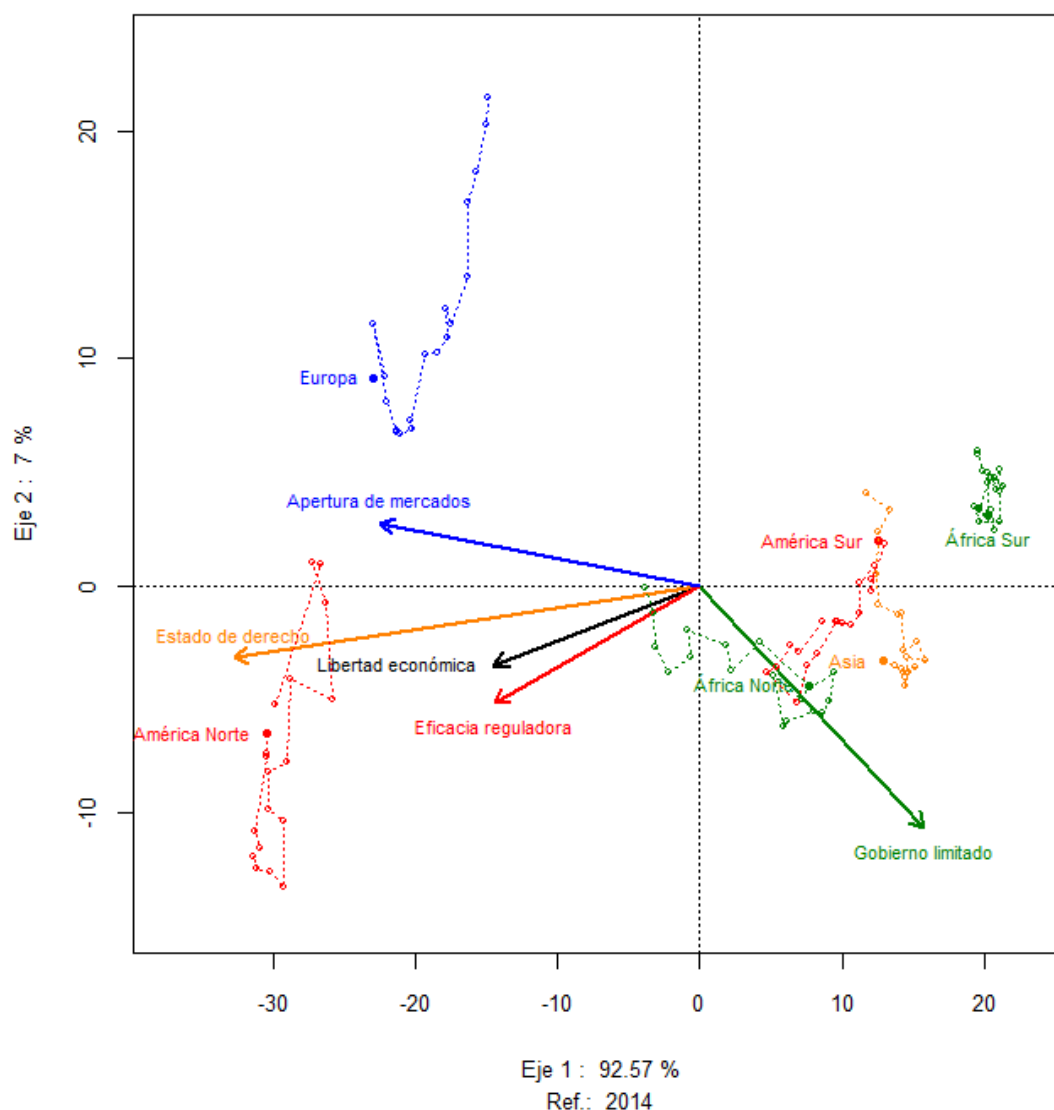


Figura 5-16: Análisis dinámico, trayectorias de las regiones geográficas, con referencia año 2014

El área más desarrollada económicamente hablando es América del Norte, si bien hay que tener en cuenta que está compuesta por tan solo tres países, Estados Unidos de América, Canadá y Méjico, siendo la economía de dos de ellos de las más avanzadas. Su actividad está muy desarrollada en todas las áreas pero es la región que más se caracteriza por su proximidad al área de *Estado de derecho*. Sufre una disminución en los dos primeros periodos analizados para tener un incremento en libertad económica hasta el año 2008, produciéndose seguidamente un descenso moderado hasta la actualidad. Es significativo resaltar que en el periodo de crecimiento también se produce un incremento en el área de *Gobierno limitado*.

La otra zona de desarrollo de libertad económica es Europa. En esta área existe un crecimiento en la libertad económica desde el primer periodo hasta el año 2010, momento en que desciende ligeramente. Las áreas con más evolución positiva son la de *Eficacia reguladora* y *Estado de derecho*. Durante el periodo de crecimiento existe un incremento en el área de *Gobierno limitado* siendo esta área la que más retrocede durante el periodo de descenso. El área de Apertura de mercados es la más representativa, manteniéndose constante con ligera mejoría.

La región de Asia y el Pacífico presenta un crecimiento continuo desde el comienzo del periodo en estudio hasta el año 2008, produciéndose un ligero descenso hasta la actualidad. Durante el periodo de crecimiento existe un incremento en el área de *Gobierno limitado*.

África del Norte y Oriente Medio sólo presenta una mejoría al principio del periodo estudiado hasta el año 2008 en el área de *Gobierno limitado*, descendiendo posteriormente hasta el año 2012. El área que más disminuye es la de *Apertura de mercados*. En esta región se produce una pérdida de libertad económica de forma constante.

América del Sur, Central y Caribe tiene un crecimiento del índice hasta el año 2000, retrocediendo desde entonces continuamente, con leves periodos de mejoría en 2006 y 2011-2012.

Por último, el área geográfica de África Subsahariana presenta poca evolución en los índices, siendo la región con peor puntuación, tiene las mejores puntuaciones entre los años 2001 y 2005 y presenta una ligera mejoría en el periodo estudiado.

Las variaciones observadas en las trayectorias de las regiones corroboran las indicaciones realizadas en el documento del *Índice de Libertad Económica 2014* (Miller et al. 2014).

5.8. Caracterización de los países con mejor y peor puntuación en el Índice de Libertad Económica.

Con objeto de determinar qué características son las más importantes en los países con mejor puntuación y los de peor puntuación en el ranking de Libertad Económica del

año 2014, procedemos a seleccionar los datos de los 25 países con mayor y menor puntuación en el *Índice de Libertad Económica 2014*. Los países seleccionados los podemos ver en la Tabla 5-9.

Top-25			rk	Down-25			rk
HKG	Hong Kong	1		CUB	Cuba	177	
SGP	Singapur	2		ZWE	Zimbabue	176	
AUS	Australia	3		VEN	Venezuela	175	
CHE	Suiza	4		IRN	Irán	173	
NZL	Nueva Zelandia	5		TKM	Turkmenistán	171	
CAN	Canadá	6		COG	Congo, Rep.	169	
CHL	Chile	7		GNQ	Guinea Ecuatorial	168	
MUS	Mauricio	8		TCD	Chad	167	
IRL	Irlanda	9		ARG	Argentina	166	
DNK	Dinamarca	10		UZB	Uzbekistán	163	
EST	Estonia	11		MMR	Birmania	162	
USA	Estados Unidos	12		CAF	República Centroafricana	161	
BHR	Bahréin	13		ECU	Ecuador	159	
GBR	Reino Unido	14		BOL	Bolivia	158	
NLD	Países Bajos	15		HTI	Haití	156	
LUX	Luxemburgo	16		UKR	Ucrania	155	
TWN	Taiwán	17		LSO	Lesoto	154	
DEU	Alemania	18		TGO	Togo	152	
FIN	Finlandia	19		ETH	Etiopia	151	
SWE	Suecia	20		BLR	Bielorrusia	150	
LTU	Lituania	21		NPL	Nepal	149	
GEO	Georgia	22		SLE	Sierra Leona	148	
ISL	Islandia	23		VNM	Vietnam	147	
AUT	Austria	24		DZA	Argelia	146	
JPN	Japón	25		LAO	Laos	144	

Tabla 5-9: Lista de países top-25 y down-25 en libertad económica

Para generar la lista de países down-25 se han eliminado aquellos países que carecían de datos en todos los periodos manejados. En ambas listas se utilizarán únicamente los datos de los índices desde el año 2005 en adelante, debido a que con anterioridad a esa fecha no se recogían datos para el índice de la *Libertad laboral*.

Los datos de cada país son los definidos en el apartado 5.4.2, seleccionando únicamente los correspondientes al período comprendido entre los años 2005 y 2014 por

los motivos citados anteriormente. Las dimensiones efectivas de cada cubo que hemos tratado en cada uno de los dos casos son 25 filas (países), 11 columnas (índices) y 10 situaciones, además de las variables de etiquetas y determinación de los periodos.

El estudio detallado realizado puede verse en el anexo 6 (Caracterización de los países con mejor y peor puntuación en el Índice de Libertad Económica).

Las principales similitudes y deferencias obtenidas las resumimos en la Tabla 5-10.

Top-25	Down-25
El eje 1 está caracterizado por las variables del área <i>Gobierno limitado</i> (<i>Libertad fiscal</i> y control de <i>Gasto público</i>)	El eje 1 está caracterizado por las variables de control del <i>Gasto público</i> y, en sentido opuesto, por la <i>Libertad frente a la corrupción</i> .
El eje 2 está caracterizado por el <i>Índice de Libertad Económica</i> y el indicador de <i>Libertad laboral</i> .	El eje 2 está muy correlacionado con la <i>Libertad de inversión</i> , <i>Libertad laboral</i> , <i>Libertad empresarial</i> , <i>Derechos de propiedad</i> y el <i>Índice de Libertad Económica</i> .
Las variables más influyentes son el control de <i>Gasto público</i> y <i>Libertad fiscal</i> , y son donde deben mejorar la mayoría de este grupo de países.	La principal diferencia entre los índices la marca las actividades de los gobiernos tanto en su faceta de control del gasto como en la corrupción existente.
Los países con mejores puntuaciones en el índice global destacan por sus avances en <i>Libertad laboral</i> , <i>Derechos de propiedad</i> y <i>Libertad frente a la corrupción</i> .	Los países con mejores puntuaciones destacan por sus avances en <i>Libertad laboral</i> , <i>Libertad de inversión</i> , <i>Libertad empresarial</i> y <i>Derechos de propiedad</i> .
La trayectoria correspondiente al <i>Índice de Libertad Económica</i> no presenta mucha variación, con una aproximación hacia la <i>Libertad laboral</i> y un incremento en el control del <i>Gasto público</i> .	La trayectoria correspondiente al <i>Índice de Libertad Económica</i> tiene un recorrido corto permaneciendo muy estable.
Las trayectorias de <i>Derechos de propiedad</i> y <i>Libertad frente a la corrupción</i> , las variables de <i>Estado de</i>	Las trayectorias de <i>Libertad empresarial</i> , <i>Libertad de inversión</i> y la de la <i>Libertad</i>

<i>Derecho</i> , han sufrido un retroceso en el transcurso de este periodo.	<i>laboral</i> presentan un crecimiento paulatino en todos los periodos.
Las trayectorias que han tenido estos países durante este periodo son, en general, cortas y estables.	Las trayectorias que han tenido estos países durante este periodo presentan, en general, una tendencia decreciente.

Tabla 5-10: Características de los países con mejor y peor puntuación en el Índice de Libertad Económica

5.9. Regiones con mayor Índice de Libertad Económica

En el análisis del *Índice de Libertad Económica* de todos los países del mundo hemos detectado que existen dos zonas que, en su conjunto, destacan por sus altos valores obtenidos. Son el continente americano y Europa.

Por pertenecer a una de ellas, Europa, y por la cercanía cultural con la otra, América Latina, procedemos a realizar un estudio más detallado de ellas.

5.9.1. El índice de Libertad Económica en América

El presente epígrafe está basado en el trabajo presentado en el IV Encuentro Iberoamericano de Biometría, celebrado en Mar del Plata, Argentina, entre los días 25 al 27 de septiembre de 2013, con el título *Estudio de la Evolución del Índice de Libertad Económica en Argentina usando Biplot Dinámico*¹. El documento puede consultarse en el Anexo 5.

El resumen del estudio es el siguiente:

RESUMEN

“El bienestar de una sociedad se consigue alcanzando un desarrollo económico sostenido, siendo los modelos basados en la libre competencia los que han obtenido mejores resultados. Recurriremos al Índice de Libertad Económica publicado por la

¹ Egido, J., Galindo, P. (2013) *Estudio de la Evolución del Índice de Libertad Económica en Argentina usando Biplot Dinámico*. Editado por Grupo Argentino de Biometría (GAB). La Plata, Buenos Aires, Argentina. ISBN: 978-987-23883-6-2.

Fundación Heritage para realizar un estudio sobre la evolución que ha habido en materia de libertades económicas en el continente americano durante el periodo de tiempo transcurrido entre los años 2005 al 2013. Utilizamos una nueva técnica desarrollada, Biplot Dinámico, para analizar las trayectorias de los índices y de los países del continente, con especial atención en Argentina.

Palabras clave: biplot dinámico, libertad económica, tres vías.”

Utilizaremos el Biplot Dinámico para estudiar la evolución que ha habido en el *Índice de Libertad Económica* en el continente americano, haciendo especial hincapié en la nación de Argentina.

Los datos que hemos utilizado para realizar este estudio son los mencionados en el epígrafe 5.4, donde se han seleccionado los datos correspondientes a los países pertenecientes al continente americano. El resultado es una matriz, que se puede convertir en un cubo de datos, con 29 países (filas) y 11 variables (columnas) medidas en 10 periodos, los correspondientes a los años comprendidos entre 2005 y 2014 ambos incluidos.

También se ha preparado otro conjunto de datos con la puntuación de los índices correspondientes al año 2014 y las principales variables económicas de cada uno de los países de América. Se ha eliminado Cuba por carecer de datos económicos en el año 2014. Recordemos que todas las puntuaciones de los índices de libertad están comprendidas entre 0 y 100.

Realizamos un análisis descriptivo de los índices de libertad y un estudio preliminar mediante un análisis HJ-Biplot con objeto de conocer las relaciones existentes entre las variables económicas usadas para la elaboración del *Índice de Libertad Económica* 2014, los índices específicos de libertad económica y la posición de los diferentes países.

Posteriormente, utilizando la técnica de Biplot Dinámico, hemos analizado la relación que tiene cada uno de los países de América con los índices de libertad económica en el año 2014 y la evolución que han seguido, índices y países, hasta llegar a esa situación, obteniendo sus trayectorias.

Análisis descriptivo

En primer lugar realizamos un análisis descriptivo y gráficos de diagrama de cajas de los índices de libertad económica del año 2014 de los países del continente americano para observar el comportamiento de cada uno de ellos (Figura 5-17).

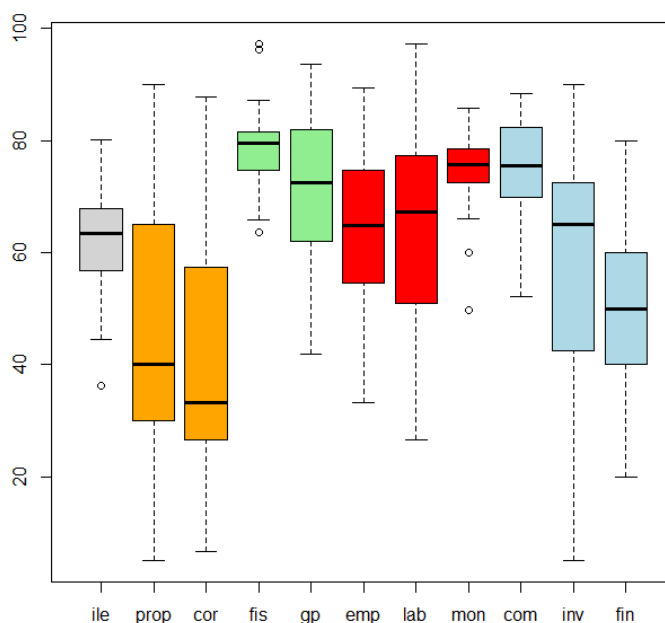


Figura 5-17: Diagrama de cajas de los índices de libertad económica de América

Se observa en el *Índice de Libertad Económica* general [$\mu=62.096$, $\sigma=9.932$] que existe un outlier en la parte baja, Venezuela. Los índices de *Derechos de propiedad* [$\mu=44.194$, $\sigma=24.259$] y *Libertad frente a la corrupción* [$\mu=40.602$, $\sigma=21.265$] son claramente los que obtienen peor puntuación en el continente y tienen una gran dispersión.

La *Libertad fiscal* [$\mu=78.601$, $\sigma=7.507$] tiene un outlier en la parte baja, Argentina, y dos en la parte alta, Las Bahamas y Paraguay, es la que obtiene mejor puntuación. El control del *Gasto público* [$\mu=70.764$, $\sigma=14.940$] también obtiene buenas puntuaciones.

La *Libertad empresarial* [$\mu=65.261$, $\sigma=14.168$] y la *Libertad laboral* [$\mu=62.589$, $\sigma=18.361$] tienen bastante dispersión y la *Libertad monetaria* [$\mu=74.967$, $\sigma=7.056$] con una de las mejores puntuaciones y dispersión tiene dos outlier en la parte baja, Venezuela y Argentina.

Por último, la *Libertad comercial* [$\mu=75.440$, $\sigma=8.658$] obtiene una puntuación de las mejores mientras que *Libertad de inversión* [$\mu=59.903$, $\sigma=21.283$] tiene una de las mayores dispersiones. La *Libertad de financiación* [$\mu=50.645$, $\sigma=15.903$] no consigue buena puntuación.

Análisis de los índices de libertad económica con las variables económicas

Realizamos un análisis HJ-Biplot, con datos centrados y escalados, de todos los países del continente americano y de los índices de libertad y las variables económicas que se han usado para elaborarlos en el año 2014. El resultado se muestra en la Figura 5-18.

El plano 1-2 explica el 49% de la variabilidad. Se han ocultado aquellos elementos, filas y columnas, que en el plano no acumulan suficiente inercia (<300). Para las variables se usan los mismos colores que estamos utilizando hasta el momento y para los países se manejan colores diferentes según la puntuación obtenida en el *Índice de Libertad Económica*.

Las variables que no están bien representadas son la *Libertad comercial*, *Aranceles*, *Tasa del impuesto sobre la renta*, *Tasa de crecimiento del PIB a un año*, *Tasa de crecimiento del PIB a 5 años* y *Desempleo*. Los países mal representados en este plano son Bahamas, Belice, Dominica, Guyana, Jamaica, Méjico, Panamá, San Vicente y las Granadinas, Trinidad-Tobago y Uruguay.

El eje 1 está caracterizado por las variables correspondientes a los índices de *Libertad frente a la corrupción*, *Libertad laboral*, *Derechos de propiedad* y *Libertad empresarial* y a la variable económica de *PIB per cápita*. El eje 2 está caracterizado por las variables de *control del Gasto público*, *Libertad fiscal* y *Libertad monetaria* en un sentido, estando las variables económicas de *Gasto público*, *Tasa del impuesto de sociedades* e *Inflación*, en sentido contrario.

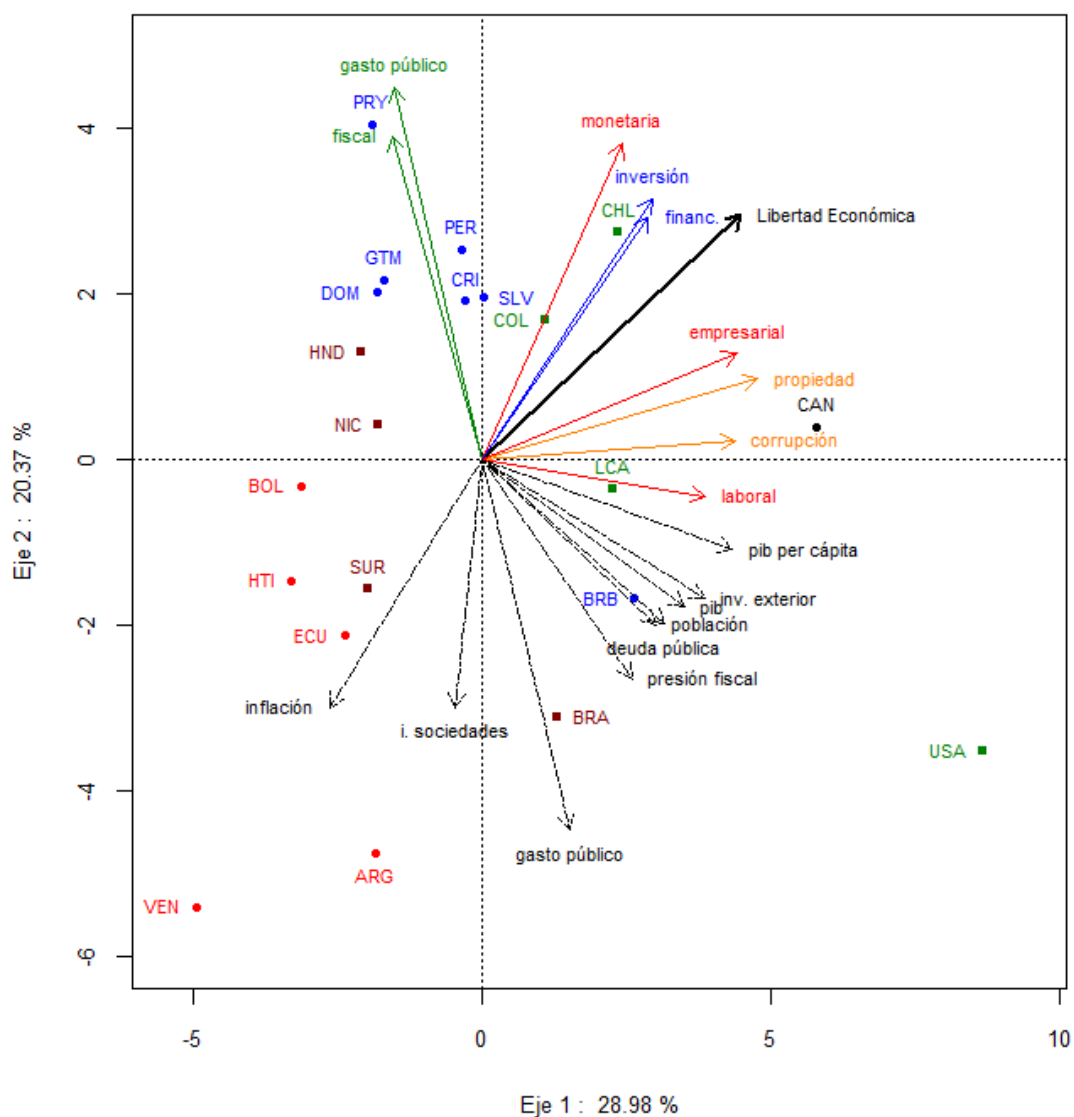


Figura 5-18: Gráfico HJ-Biplot, centrado y escalado, de los índices de libertad económica y variables económicas en el continente americano.

El resto de variables son variables de plano donde las variables económicas son prácticamente independientes del *Índice de Libertad Económica* y de los otros índices relacionados con él, siendo la *Inflación* opuesta a ellos.

Respecto a los países, los más avanzados en libertad económica (Canadá (CAN) y Estados Unidos (USA), además de Chile (CHL)) destacan por sus buenas puntuaciones en los índices del eje 1. Los que siguen en puntuación (Colombia (COL), Paraguay (PRY)) se agrupan en torno a los índices que caracterizan al eje 2. Los países peor puntuados (Venezuela (VEN), Argentina (ARG), Ecuador (ECU)...) se agrupan cerca de la variable

de Inflación y en general tienen malas puntuaciones en las variables económicas que favorecen el desarrollo económico.

Biplot Dinámico: paso 1, análisis estático

Realizamos el primer paso del Biplot Dinámico con el cubo de datos que contiene los índices de libertad económica (variables), los países del continente americano (individuos) y las puntuaciones de los índices entre los años 2005 y 2014 ambos incluidos (situaciones).

En el estudio hemos tomado como situación de referencia la correspondiente al año 2014, que es la situación más moderna que se encuentra en los datos y que refleja mejor la realidad del momento. Obviamente, la matriz de referencia puede ser cambiada según las necesidades del estudio.

Esta etapa se corresponde con el análisis estático del estudio y los resultados obtenidos se muestran en la Figura 5-19, en el que hemos utilizado un análisis HJ-Biplot con los datos centrados.

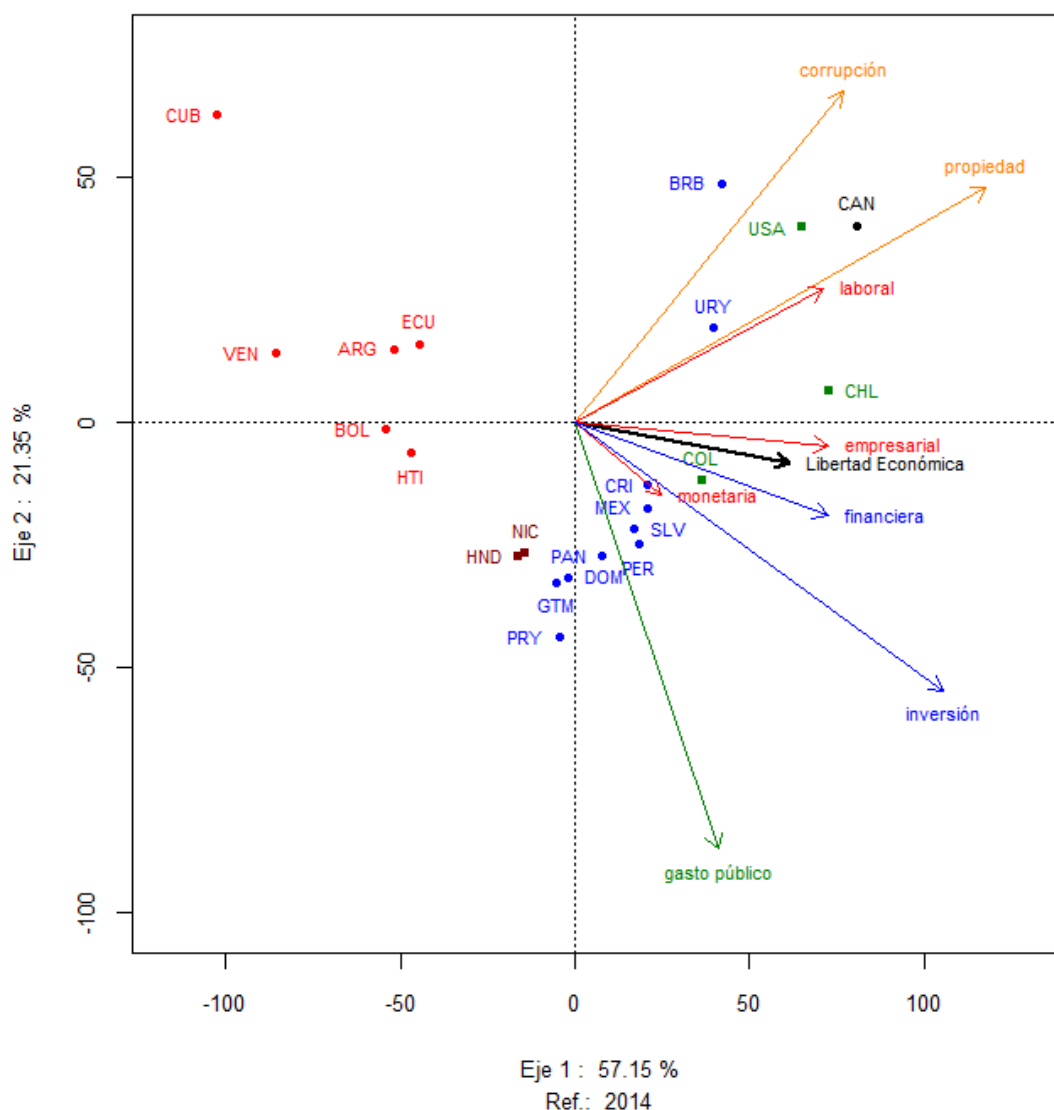


Figura 5-19: Resultados del Paso 1 – Análisis HJ-Biplot estático de los índices de libertad económica de los países del continente americano, año 2014.

El plano 1-2 explica el 78.5% de la variabilidad. Se han ocultado aquellos elementos, filas y columnas, que en el plano no acumulan suficiente inercia (<500). Los colores utilizados son los mismos que en la gráfica anterior.

En la Tabla 5-11 se muestran la inercia obtenida por los índices en los cuatro primeros ejes y en la Tabla 5-12 la obtenida por los países. Están marcados con negrita aquellos elementos con inercia acumulada en el plano 1-2 mayor de 500.

Var	Eje1	Eje2	Eje3	Eje4
Libertad económica	976	18	0	2
Propiedad	821	134	1	7
Corrupción	493	381	43	4
Fiscal	48	287	4	325
Gasto público	146	663	47	49
Empresarial	724	3	2	0
Laboral	468	68	432	11
Monetaria	463	169	1	0
Comercial	232	197	61	184
Inversión	674	182	28	104
Financiera	611	43	45	141

Tabla 5-11: Inercia de los índices, en los cuatro primeros ejes

Var	Eje1	Eje2	Eje3	Eje4
ARG	847	70	1	21
BRB	411	547	0	16
BLZ	205	128	316	43
BOL	742	1	41	131
BRA	17	219	266	2
CHL	882	7	28	0
COL	661	73	61	2
CRI	408	159	57	0
CUB	679	254	47	10
DOM	2	729	7	67
ECU	800	103	0	1
SLV	287	481	0	29
GTM	24	843	4	2
GUY	268	1	514	100
HTI	691	13	157	21
HND	152	435	324	60
JAM	371	95	44	258
NIC	158	564	16	86
PAN	41	485	299	17
PRY	7	725	203	15
PER	322	584	2	1
SUR	198	68	526	4
BHS	229	139	80	514
TTO	164	51	242	56
URY	478	111	8	139
VEN	929	25	1	6
CAN	757	185	30	0
MEX	453	333	10	3
USA	669	246	6	17

Tabla 5-12: Inercia de los países del continente americano, en los cuatro primeros ejes

Las variables que no están bien representadas en este plano y que han sido ocultadas son los índices de *Libertad fiscal* y *Libertad comercial*. Los países que se han ocultado son Belice, Brasil, Guyana, Jamaica, Surinam, Las Bahamas, Trinidad-Tobago.

El eje 1 del plano (57,15%) está caracterizado por el *Índice de Libertad Económica*, el de *Libertad empresarial* y el de *Libertad financiera*. El eje 2 (21,35%) está definido por la variable de *control del Gasto público*. Las variables del área *Estado de derecho* (*Derechos de propiedad* y *Libertad frente a la corrupción*) así como la *Libertad laboral* y la *Libertad de inversión* son variables de plano.

El *Índice de Libertad Económica* está muy correlacionado con la *Libertad empresarial*, la *Libertad financiera* fundamentalmente, aunque se aprecia buena correlación con todos los índices.

Respecto a la posición de los países, los que tienen buenas puntuaciones (Canadá (CAN), Chile (CHL), Estados Unidos (USA), Barbados (BRB), Uruguay (URY)) destacan por estar agrupados en torno a los indicadores de *Derechos de propiedad*, *Libertad frente a la corrupción* y *Libertad laboral*. El grupo de países ‘moderadamente libres’ y con economía ‘mayoritariamente controlada’ se agrupan en torno al *control de Gasto público*. Los países con economía ‘reprimida’ (Cuba (CUB), Venezuela (VEN), Argentina (ARG), Ecuador (ECU), Bolivia (BOL), Haití (HTI)) obtienen malas puntuaciones en todos los índices.

Biplot Dinámico: paso 2, análisis dinámico

Con el segundo paso del Biplot Dinámico podemos observar la dinámica del modelo obteniendo las trayectorias tanto de las libertades económicas (Figura 5-20) como de los países (Figura 5-21). Cada trayectoria es el camino que han seguido los diversos elementos hasta llegar a su posición en la situación de referencia, el año 2014. En la Tabla 5-13 se muestran los valores de los coeficientes de determinación de las proyecciones que indican la calidad de representación de las variables.

R ²	ile	prop	cor	fis	gp	emp	lab	mon	com	inv	fin
2005	0,8059	0,8056	0,8227	0,2897	0,4426	0,6219	0,5138	0,3225	0,0829	0,4532	0,5157
2006	0,8161	0,8056	0,9179	0,3026	0,4221	0,5957	0,5065	0,3112	0,0637	0,5149	0,489
2007	0,8298	0,8321	0,917	0,3039	0,4484	0,5828	0,5076	0,4057	0,2389	0,635	0,4044
2008	0,865	0,8949	0,8921	0,2989	0,4027	0,5897	0,5315	0,4683	0,2199	0,7131	0,4868
2009	0,8983	0,9205	0,879	0,4134	0,3692	0,621	0,5412	0,4897	0,3067	0,7392	0,5657
2010	0,9428	0,9634	0,8753	0,4057	0,5399	0,6091	0,5113	0,4933	0,3452	0,7751	0,6683
2011	0,9452	0,9547	0,885	0,4253	0,596	0,6111	0,4929	0,4082	0,3196	0,7761	0,6683
2012	0,969	0,9584	0,8885	0,318	0,7361	0,6489	0,551	0,442	0,3236	0,8205	0,644
2013	0,991	0,9589	0,8468	0,3069	0,7749	0,6594	0,5842	0,5858	0,3818	0,8321	0,6691
2014	0,9945	0,9555	0,8741	0,3348	0,8091	0,7268	0,5365	0,6315	0,4288	0,8557	0,6536

Tabla 5-13: Coeficientes de determinación de las variables

Hemos marcado en rojo los coeficientes que tienen un valor no significativo en el estadístico F del ANOVA de la regresión, aunque prácticamente todos los valores son significativos.

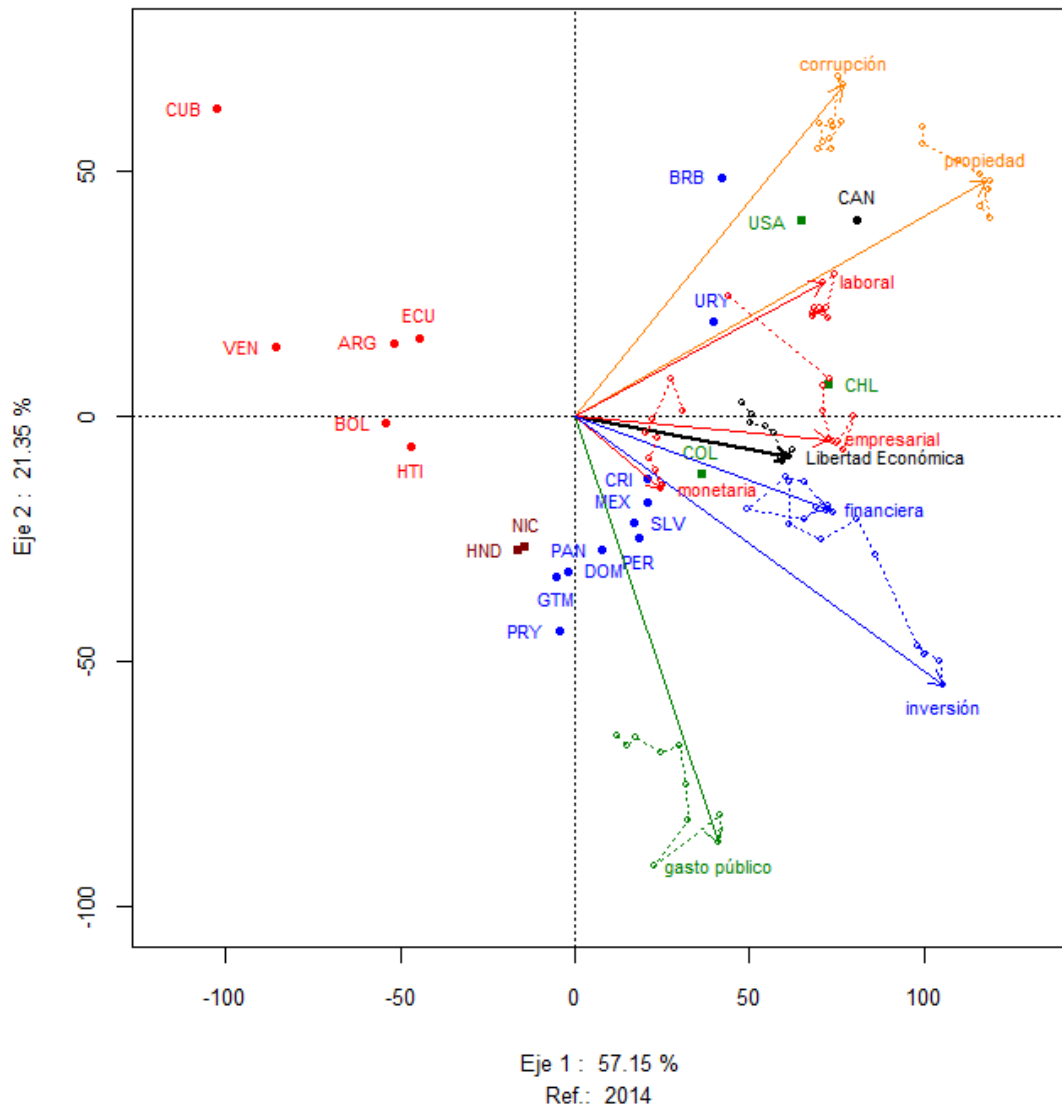


Figura 5-20: Paso 2 del Biplot Dinámico: Trayectoria de los índices de libertad económica en el continente americano; terminan en el año de referencia, 2014.

Las trayectorias que presentan las variables en general son cortas y tienden a una mejoría, como las correspondientes al *Índice de Libertad Económica*, la *Libertad frente a la corrupción* y los *Derechos de propiedad*. La *Libertad de inversión* tiene la trayectoria más larga y en crecimiento, seguida de la correspondiente al *control del Gasto público*. Es significativo observar que el *Índice global* se separa del índice de *Libertad frente a la corrupción* a lo largo del periodo.

Las trayectorias de los países están representadas en la Figura 5-21. La etiqueta del país está ubicada en la situación de referencia, en este caso, en el punto final.

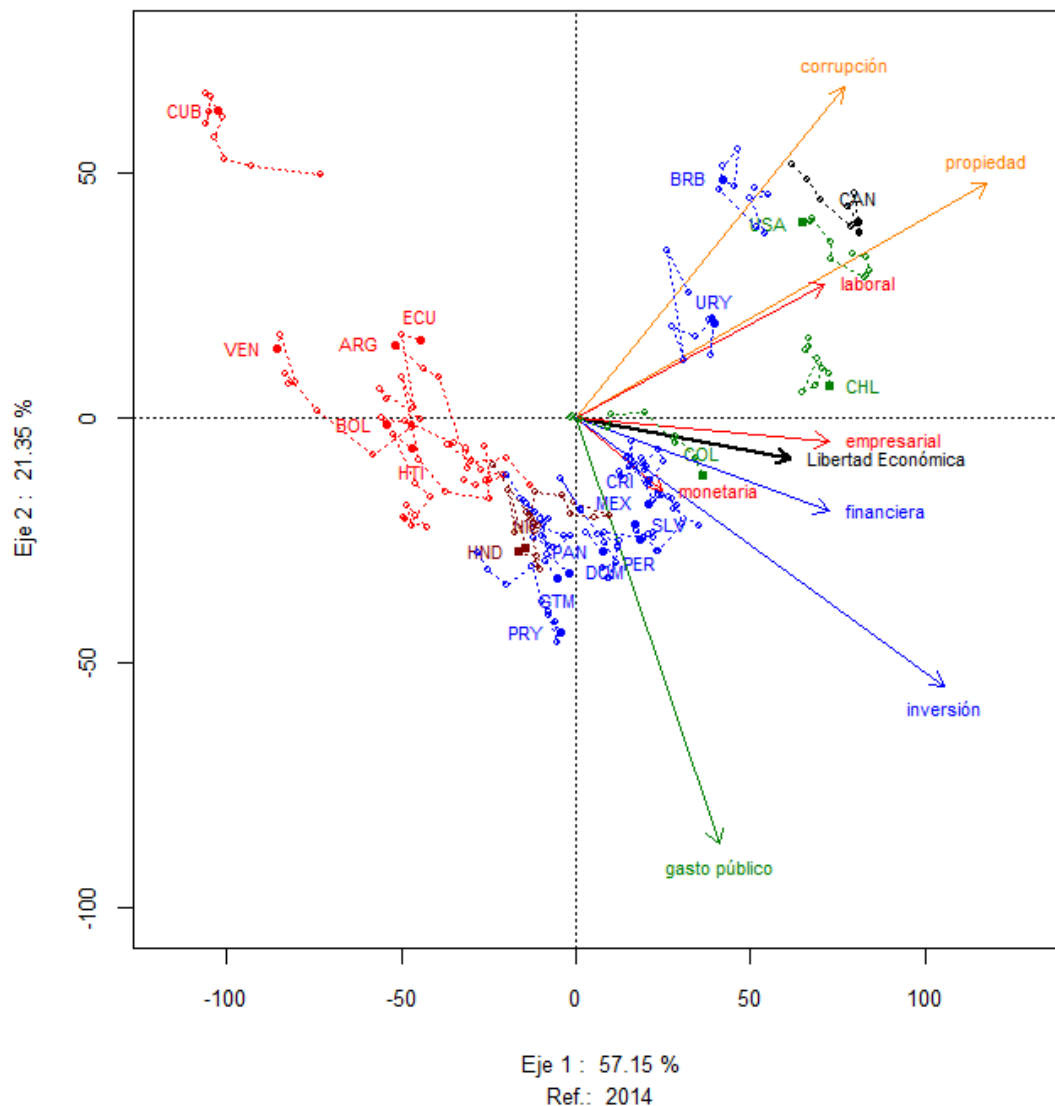


Figura 5-21: Paso 2 del Biplot Dinámico: Trayectoria de países del continente americano; terminan en el año de referencia, 2014.

Las trayectorias de los países con mejores puntuaciones como Canadá (CAN), Estados Unidos (USA), Chile (CHL), Barbados (BRB) y Uruguay (URY) están muy concentradas y se mantienen en torno a las variables de *Libertad frente a la corrupción* y los *Derechos de propiedad*. Se observa una pérdida de libertad en los Estados Unidos (USA) que pasan de una puntuación de 79,9 al principio del periodo estudiado a 75,5 al final del mismo.

De los países peor situados frente al índice, Cuba (CUB), Venezuela (VEN), Argentina (AEG), Ecuador (ECU), Bolivia (BOL) y Haití (HTI), tan sólo este último ha tenido periodos de mejora, logrando mantenerse, mientras que el resto ha cedido una parte importante de su puntuación, como en el caso de Venezuela que ha pasado de una puntuación de 45'2 en la año 2005 a 36'3 en el año 2014.

Para observar mejor las trayectorias estos países realizamos un zoom en la Figura 5-21, obteniendo la Figura 5-22.

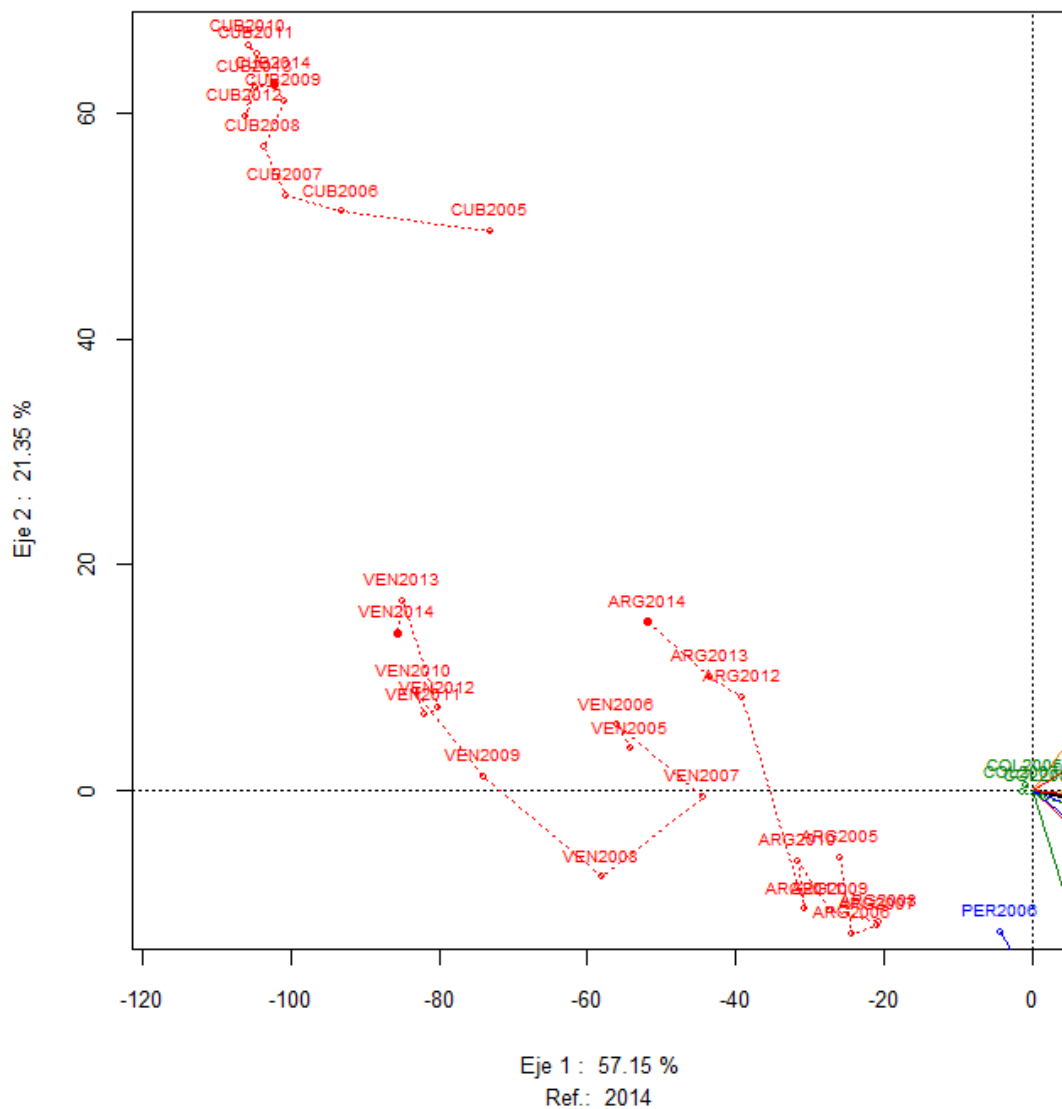


Figura 5-22: Ampliación para observar las trayectorias de los tres países con peor puntuación en el Índice de Libertad Económica del continente americano, año 2014.

Se han eliminado elementos para dar más claridad a las trayectorias de los tres países con peores puntuaciones: Cuba (CUB), Venezuela (VEN) y Argentina (ARG).

Las trayectorias de estos países presentan un descenso constante en la puntuación de la Libertad Económica, donde Cuba se ha estabilizado con su mala puntuación desde el año 2009 con la llegada al poder de Raúl Castro, Venezuela presenta un descenso desde el año 2008 coincidiendo con la formación del principal partido político de la oposición (Un Nuevo Tiempo) y Argentina, teniendo un comportamiento parecido hasta el año 2011 y coincidiendo con el segundo mandato de Cristina Fernández de Kirchner, sufre una fuerte pérdida de puntuación hasta el final del periodo estudiado.

Argentina ha sufrido una pérdida importante de libertad económica al pasar en el periodo estudiado de 51'7 a 44'6. Se observa en su trayectoria que después de tres periodos de mejora comienza un descenso que se acentúa en los dos últimos años donde pierde 5 puntos. Las principales áreas de descenso son las de *Libertad fiscal* y *Gasto público*, seguidas de *Libertad comercial*, *Libertad monetaria*, *Libertad de inversión* y *Libertad financiera*.

Resultados obtenidos para el continente americano

Un análisis descriptivo de las variables en el año 2014 nos indica que el *Derecho a la propiedad* y la *Libertad frente a la corrupción* son claramente los aspectos menos desarrollados en los países del continente americano, existiendo gran amplitud intercuartílica. Los aspectos de *Libertad fiscal*, *Libertad monetaria* y *Libertad comercial* son los más desarrollados.

Los países mejor posicionados frente al índice son Canadá, Chile y Estados Unidos, destacando a su vez por una alta puntuación, junto a Barbados, en los índices de *Derechos de propiedad*, *Libertad frente a la corrupción*, *Libertad laboral* y *Libertad empresarial*.

Los países con menor puntuación en el *Índice de Libertad Económica* son Cuba, Venezuela, Argentina, Ecuador, Bolivia y Haití, todos ellos con una puntuación menor de 50 sobre 100.

Argentina, con una puntuación global de 44,6 en el año 2014, obtiene una mala calificación en *Derechos de Propiedad* (15), *Libertad frente a la Corrupción* (29,5), *control de Gasto público* (49,9), *Libertad laboral* (44,9), *Libertad de inversión* (30) y

Libertad financiera (30). Las mejores puntuaciones las obtiene en *Libertad fiscal* (63,5), *Libertad empresarial* (53,9), *Libertad monetaria* (60) y *Libertad comercial* (68,9).

Con la segunda etapa del Biplot Dinámico podemos observar la dinámica del modelo. Durante el periodo analizado se produce un incremento en todos los índices de libertad económica. Es significativo observar que el *Índice global* se separa del índice de *Libertad frente a la corrupción* a lo largo del periodo.

Respecto a la evolución de los países del continente, es significativa la pérdida de libertad en los Estados Unidos, pasando de un valor de 79'9 al principio del periodo a un valor de 75,5 al final del mismo. De los países peor situados frente al índice, Cuba, Venezuela, Argentina, Ecuador, Bolivia y Haití, tan sólo este último ha tenido periodos de mejora logrando mantenerse, mientras que el resto ha cedido una parte importante de su puntuación, como en el caso de Venezuela que ha pasado de una puntuación de 45'2 en la año 2005 a 36'3 en el año 2014.

Argentina ha sufrido una pérdida importante de libertad económica al pasar en el periodo estudiado de 51'7 a 44'6. Se observa en su trayectoria que después de tres periodos de mejora comienza un descenso que se acentúa en los dos últimos años donde pierde 5 puntos. Las principales áreas de descenso son las de *Libertad fiscal* y *Gasto público*, seguidas de *Libertad comercial*, *Libertad monetaria*, *Libertad de inversión* y *Libertad financiera*.

5.9.2. El índice de Libertad Económica en la Unión Europea

En este epígrafe utilizaremos el Biplot Dinámico para estudiar la evolución que ha habido en el *Índice de Libertad Económica* en la Unión Europea (UE).

La Unión Europea tiene un conjunto de políticas económicas y monetarias como consecuencia de la Unión Económica y Monetaria (UEM) firmada en 1992 en el Tratado de Maastricht a la que están sometidos los 27 países pertenecientes a la UE (Hitiris 2003). Este tratado da origen a la moneda única, el euro, utilizada por 17 países de la UE, formando la 'zona euro'. El 1 de julio de 2013 Croacia ha pasado a formar parte de la UE.

Las políticas desarrolladas en la UEM pretenden establecer un entorno económico estable para el crecimiento de la zona. En la UE existen más de 500 millones de

consumidores, siendo una de las principales economías del mundo y representa más de un tercio del comercio mundial y un quinto de la producción global (European Commission 2012).

El mercado único de la Unión Europea garantiza la libre circulación de mercancías, capitales, mano de obra y servicios dentro de los estados miembros, pero están apareciendo acciones contrarias a la libertad de circulación de las personas (Pascouau 2013), y “muchas de la regulación referente a los mercados de productos y servicios todavía se organiza a nivel nacional, lo que plantea obstáculos a una integración más eficaz” (Szczepanski 2013), "porque el cambio de la toma de decisiones de un estado a niveles supranacionales - per se - no es liberalización" (Klaus and Hejma 2012; Klaus, Schwartz, and Mont Pèlerin Society 2001; Klaus 2005). Melnik (2011) "sugiere una extrema sobre-regulación y un impacto considerable en el nivel de libertad económica de que gozan los países en cuestión".

En la UE no existen países ‘verdaderamente libres’ ni con economía ‘reprimida’. Grecia es el único país de la UE con el nivel ‘mayoritariamente controlada’. Hay 15 países ‘moderadamente libres’: Bélgica, Bulgaria, Chipre, Croacia, Francia, Hungría, Italia, Letonia, Malta, Polonia, Portugal, Rumanía, Eslovaquia, Eslovenia y España. El resto de los países (12) son ‘mayoritariamente libres’: Austria, República Checa, Dinamarca, Estonia, Finlandia, Alemania, Irlanda, Lituania, Luxemburgo, Países Bajos, Suecia y Reino Unido.

Los datos que hemos utilizado para realizar este estudio son los mencionados en el epígrafe 5.4, donde se han seleccionado exclusivamente los 28 países que conforman la Unión Europea (el día 1 de julio de 2013 Croacia ha pasado a formar parte de la EU). El resultado es una matriz, que se puede convertir en un cubo de datos, con 28 países (filas), 11 variables (columnas) medidas en 10 periodos, los correspondientes a los años comprendidos entre 2005 y 2014 ambos incluidos. Hemos añadido una variable para distinguir los países que pertenecen a la zona euro y otra para cualificar la puntuación obtenida sobre el índice general.

También se ha preparado otro conjunto de datos con la puntuación de los índices correspondientes al año 2014 y las principales variables económicas de cada uno de los

países de la UE. Recordemos que todas las puntuaciones de los índices de libertad están comprendidas entre 0 y 100.

Realizamos un análisis descriptivo de los índices de libertad y un estudio preliminar mediante un análisis HJ-Biplot con objeto de conocer las relaciones existentes entre las variables económicas usadas para la elaboración del *Índice de Libertad Económica 2014*, los índices específicos de libertad económica y la posición de los diferentes países de la Unión Europea.

Posteriormente, utilizando la técnica de Biplot Dinámico presentada anteriormente, hemos analizado la relación que tiene cada uno de los países de la UE con los índices de libertad económica en el año 2014 y la evolución que han seguido, índices y países, hasta llegar a esa situación, obteniendo sus trayectorias.

Análisis descriptivo

La UE tiene políticas comunes que afectan a todos los países miembros. Además, los países de la zona euro tienen otro marco de trabajo que limita la libertad de los estados para hacer cambios en estas políticas.

Realizando un análisis descriptivo y gráficos de diagrama de cajas de los índices de libertad económica del año 2014 para los países pertenecientes y no pertenecientes a la eurozona, podemos apreciar que existen diferencias claras entre ambas áreas (Figura 5-23).

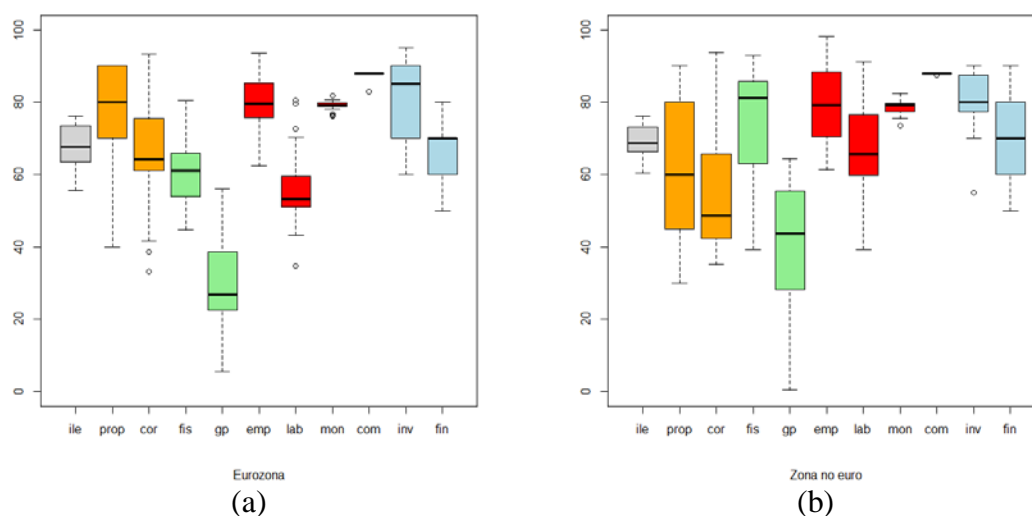


Figura 5-23: Boxplot de los índices de libertad económica, de la zona euro (a) y no euro (b)

Se aprecia que la política de *Libertad comercial* (euro: [$\mu=86.938$, $\sigma=1.964$], no euro: [$\mu=87.783$, $\sigma=0.121$]) y la *Libertad monetaria* (euro: [$\mu=78.994$, $\sigma=1.484$], no euro: [$\mu=78.449$, $\sigma=2.401$]) no presentan prácticamente ninguna variabilidad en ninguno de los países de las dos zonas, debido a la aplicación de la misma normativa, y que tienen alta puntuación en estas libertades. En estos índices tenemos varios outliers en la parte baja, en ambas zonas: Chipre, Francia, Grecia y Croacia, en la primera, y Estonia, Francia, Grecia y Reino Unido, en la segunda, destacando Irlanda por la parte superior. Se observa como el área de *Estado de derecho* que recoge los *Derechos de propiedad* (euro: [$\mu=75.000$, $\sigma=16.583$], no euro: [$\mu=61.818$, $\sigma=21.363$]) y la *Libertad frente a la corrupción* (euro: [$\mu=66.002$, $\sigma=16.952$], no euro: [$\mu=56.241$, $\sigma=21.225$]) está más desarrollada en la zona euro. En esta última, en la zona euro, los outliers son Grecia e Italia.

Por el contrario, el área de *Gobierno limitado* que recoge la *Libertad fiscal* (euro: [$\mu=62.203$, $\sigma=11.129$], no euro: [$\mu=72.978$, $\sigma=18.809$]) y el *Gasto público* (euro: [$\mu=30.760$, $\sigma=15.129$], no euro: [$\mu=40.492$, $\sigma=19.217$]) tiene mejores puntuaciones en la zona no euro.

El área de *Eficacia reguladora* agrega la *Libertad empresarial* (euro: [$\mu=80.052$, $\sigma=8.434$], no euro: [$\mu=79.527$, $\sigma=11.388$]), la *Libertad laboral* (euro: [$\mu=56.307$, $\sigma=12.593$], no euro: [$\mu=67.249$, $\sigma=14.707$]) y la ya nombrada *Libertad monetaria*, donde se ve una mayor libertad laboral en la zona no euro. En la zona euro, para la *Libertad laboral* existe un outlier en la parte baja, Portugal, y tres en la parte alta, Austria, Bélgica e Irlanda.

El área de *Apertura de los mercados* está compuesta por la ya mencionada *Libertad comercial*, la *Libertad de inversión* (euro: [$\mu=81.176$, $\sigma=10.537$], no euro: [$\mu=79.545$, $\sigma=10.357$]), con más puntuación en la zona euro, y la *Libertad financiera* (euro: [$\mu=67.059$, $\sigma=10.467$], no euro: [$\mu=70.00$, $\sigma=13.416$]). Existe un outlier en la parte baja de la zona no euro en *Libertad de inversión*, Bulgaria.

Análisis de los índices de libertad económica con las variables económicas

En primer lugar vamos a analizar la posición de los países de la UE respecto a las variables económicas usadas en la elaboración del *Índice de Libertad Económica* del año

2014. Realizamos un análisis HJ-Biplot de todos los países y todas las variables, salvo la variable *Aranceles* que tiene el mismo valor en todos los casos salvo Croacia, con los datos centrados y escalados, para determinar qué variables influyen más en cada uno de los índices. Los resultados se muestran en la Figura 5-24.

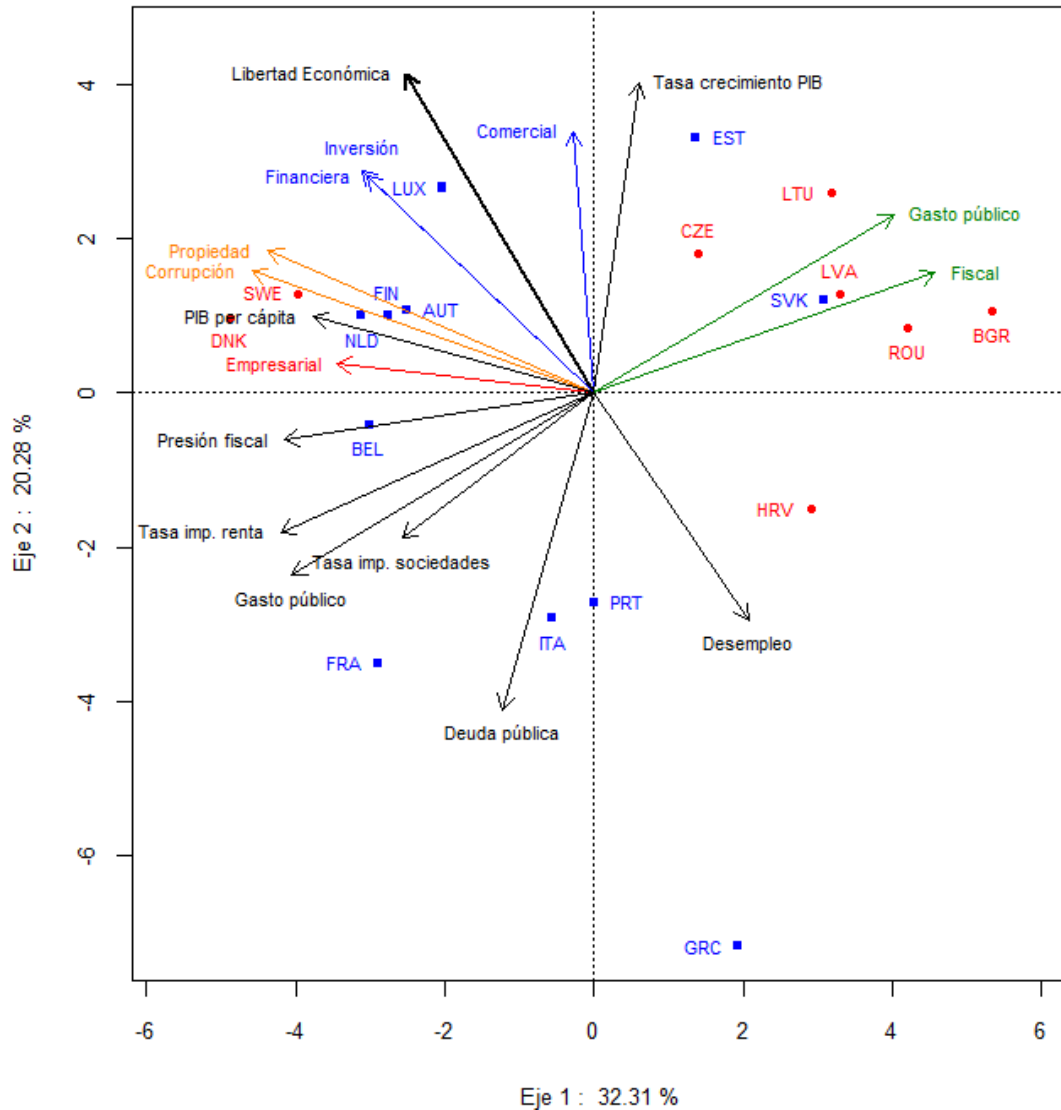


Figura 5-24: Gráfico HJ-Biplot, centrado y escalado, de los índices de libertad económica y variables económicas de los países. Se distingue entre países de la zona euro (■) y de la zona no euro (●).

El plano 1-2 explica el 53% de la variabilidad. Se han ocultado aquellos elementos, filas y columnas, que en el plano no acumulan suficiente inercia (<300). Se utilizan marcas diferentes para los puntos según la pertenencia (■) o no (●) del país a la eurozona, y los colores azul y rojo respectivamente. Las variables de los índices se representan con

flechas continuas y los colores que hemos utilizado hasta ahora y las variables económicas se representan con flechas en negro.

Las variables que no están bien representadas son la *Población*, el *PIB*, la *Tasa de crecimiento del PIB en 5 años*, la *Inflación* y la *Inversión Extranjera*, así como los índices de *Libertad laboral* y *Libertad monetaria*. Los países mal representados son Chipre, Alemania, Hungría, Irlanda, Malta, Eslovenia, España y Reino Unido.

Respecto a las variables económicas, el eje 1 del plano está caracterizado por la *Presión fiscal* y *PIB per cápita*. El eje 2 se caracteriza por la *Deuda pública* y *Desempleo* de una parte y la *Tasa de crecimiento del PIB a un año* en la opuesta. Las variables *Tasa del impuesto sobre la renta*, *Tasa del impuesto sobre el de sociedades* y *Gasto público* son variables de plano. Respecto a los índices de libertad, el eje 1 está caracterizado por la *Libertad empresarial*, los *Derechos de propiedad* y *Libertad frente a la corrupción*, mientras que el eje 2 lo es por la *Libertad comercial*. Las demás, el *Índice de Libertad Económica*, *Libertad fiscal* y control del *Gasto público*, son variables de plano.

Las variables económicas que más influyen en el *Índice de Libertad Económica* son la *Tasa de crecimiento del PIB* y en menor medida el *PIB per cápita*, siendo la tasa de *Desempleo* completamente opuesta al índice. Las variables que caracterizan al eje 1 son opuestas a la *Libertad fiscal* y a la libertad de control del *Gasto público*, y favorecen las libertades de *Derechos de propiedad* y *Libertad frente a la corrupción*, *Libertad empresarial* y, en menor medida, *Libertad de financiación* y *Libertad de inversión*. La variable del eje 2 *Tasa de crecimiento del PIB a un año* favorece la *Libertad comercial*, la *Libertad de financiación* y *Libertad de inversión*, estando limitadas por las variables de *Deuda pública* y *Desempleo*.

Respecto a los países, sin perjuicio del análisis detallado que realizamos posteriormente, se observa claramente que Grecia (GRC) destaca por ser el único país de la UE que tiene una economía ‘mayoritariamente controlada’ teniendo fuertes tasas de desempleo y deuda pública, no destacando positivamente hacia ninguna de las libertades económicas, y negativamente en las libertades del área de *Apertura de los Mercados*. Portugal (PRT) e Italia (ITA) se encuentran en una situación más suave pero similar, y Francia (FRA) aun teniendo un índice peor que la media está bien posicionada en libertades de las áreas de *Eficacia reguladora* y *Estado de derecho*. Se observa un grupo

de países con buenas puntuaciones en el área de *Gobierno limitado* (Bulgaria (BGR), Rumanía (ROU), Eslovaquia (SVK), Letonia (LVA), Lituania (LTU), Estonia (EST), Croacia (HRV)) y otro grupo con las mejores puntuaciones sobre las demás áreas (Dinamarca (DNK), Suecia (SWE), Países Bajos (NLD), Bélgica (BEL)...).

En general se observa que los países peor posicionados frente a las variables de libertad económica son aquellos con menor *PIB per cápita* aunque destacan por su posicionamiento frente al área de *Gobierno limitado* que recoge las variables de *Libertad fiscal* y control del *Gasto público*.

Biplot Dinámico: paso 1, análisis estático

Realizamos el primer paso del Biplot Dinámico con el cubo de datos que contiene los índices de libertad económica (variables), los países integrantes de la UE (individuos) y las puntuaciones de los índices entre los años 2005 y 2014 ambos incluidos (situaciones). En el estudio hemos tomado como situación de referencia la correspondiente al año 2014, que es la situación más moderna que se encuentra en los datos y que refleja mejor la realidad del momento. Obviamente, la matriz de referencia puede ser cambiada según las necesidades del estudio.

Esta etapa se corresponde con el análisis estático del estudio y los resultados obtenidos se muestran en la Figura 5-25, en el que hemos utilizado un análisis HJ-Biplot con los datos centrados. El plano 1-2 explica el 76% de la variabilidad. Se han ocultado aquellos elementos, filas y columnas, que en el plano no acumulan suficiente inercia (<500). Se utilizan marcas diferentes para los puntos según la pertenencia (■) o no (●) del país a la eurozona, y los colores azul y rojo respectivamente. Las variables de los índices se representan con los mismos colores que hemos utilizado hasta ahora.

En la Tabla 5-14 se muestran la inercia obtenida por los índices en los cuatro primeros ejes y en la Tabla 5-15 la obtenida por los países. Están marcados con negrita aquellos elementos con inercia acumulada en el plano 1-2 mayor de 500.

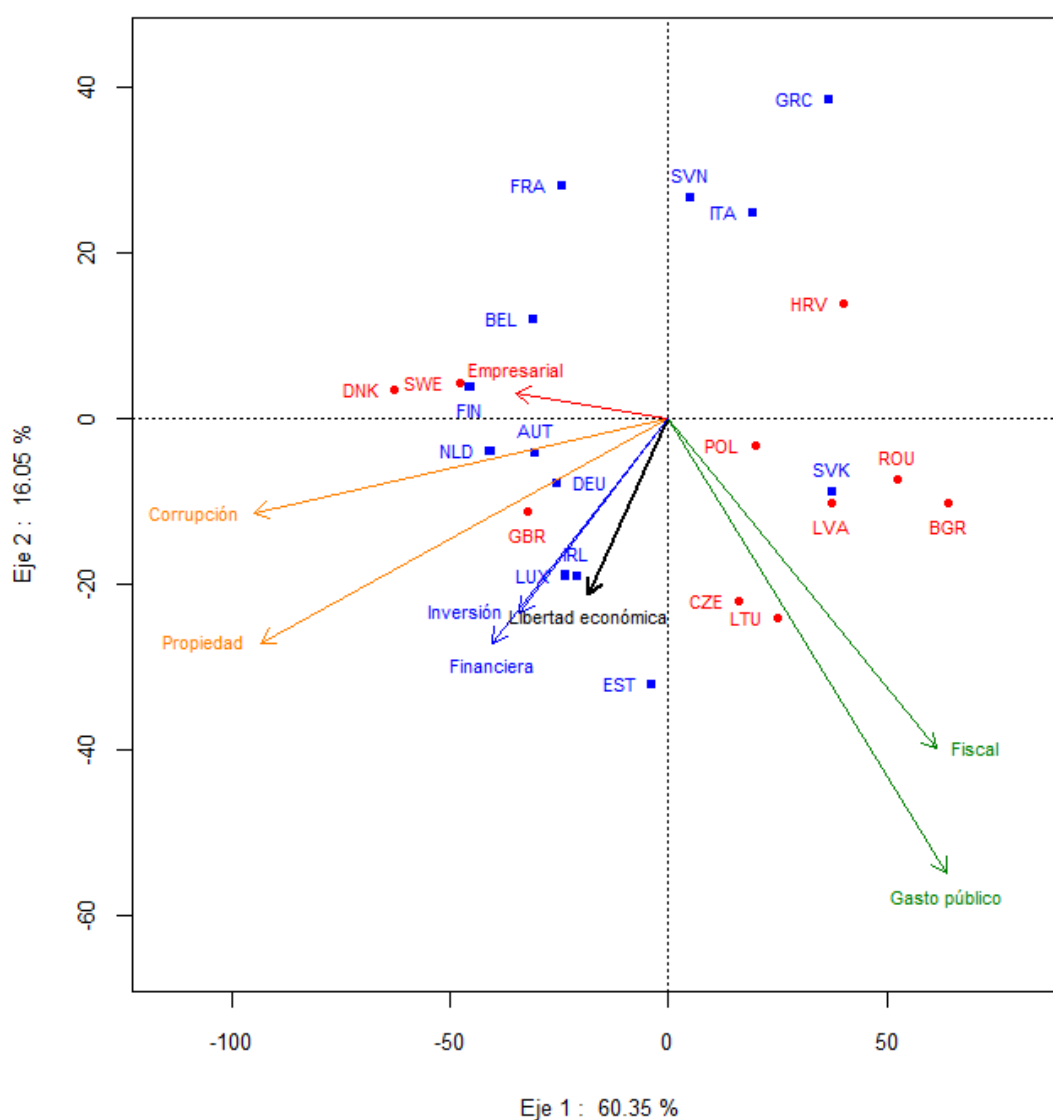


Figura 5-25: Resultados del Paso 1 – Análisis HJ-Biplot estático de los índices de libertad económica, año 2014. Se distingue entre países de la zona euro (■) y de la zona no euro (●).

Las variables que no están bien representadas en este plano y que han sido ocultadas son los índices de *Libertad laboral*, *Libertad monetaria* y *Libertad comercial*. Los países que se han ocultado son Chipre, Hungría, Malta, Portugal y España.

El eje 1 del plano (60.3%) está caracterizado por el índice de *Libertad empresarial* y las variables del área de *Estado de derecho* (*Libertad frente a la corrupción* y *Derechos de propiedad*). El eje 2 (16.05%) está definido por el *Índice de Libertad Económica*. Las variables del área de *Gobierno limitado* (*Libertad fiscal* y control del *Gasto público*), *Libertad financiera* y *Libertad de inversión* son variables de plano.

Var	Eje1	Eje2	Eje3	Eje4
Libertad económica	413	562	9	5
Propiedad	862	72	11	1
Corrupción	923	13	8	19
Fiscal	595	252	1	110
Gasto público	506	378	68	4
Empresarial	501	4	54	192
Laboral	5	132	840	10
Monetaria	50	3	5	0
Comercial	9	218	20	90
Inversión	408	192	49	123
Financiera	451	203	0	32

Tabla 5-14: Inercia de los índices, en los cuatro primeros ejes

Var	Eje1	Eje2	Eje3	Eje4
AUT	630	12	150	96
BEL	690	103	154	21
BGR	824	21	85	7
HRV	672	81	153	59
CYP	149	0	131	369
CZE	187	349	271	53
DNK	758	2	208	7
EST	11	756	165	0
FIN	769	6	40	96
FRA	373	505	0	2
DEU	553	51	297	35
GRC	458	501	23	3
HUN	403	12	196	51
IRL	380	312	159	19
ITA	274	448	1	165
LVA	734	54	17	7
LTU	392	366	7	54
LUX	308	199	448	15
MLT	162	9	270	154
POL	735	21	0	2
PRT	0	490	358	102
ROU	921	19	2	0
SVK	832	47	54	35
SVN	28	789	3	90
ESP	26	110	364	249
SWE	916	7	35	1
NLD	961	9	9	0
GBR	775	95	60	4

Tabla 5-15: Inercia de los países de la UE, en los cuatro primeros ejes

El *Índice de Libertad Económica* está muy correlacionado con las variables del área de *Apertura de mercados* (*Libertad financiera*, *Libertad de inversión*), siendo independiente de la variable *Libertad empresarial*.

Las áreas de *Estado de derecho* y *Gobierno limitado*, junto con el *Índice de Libertad Económica*, son las mejores representadas en este plano y van en el mismo sentido.

En la posición de los diferentes países sobre las variables podemos observar diferentes grupos. Un grupo de países bien posicionados frente al índice global y las variables del área *Apertura de los mercados* (*Inversión*, *Financiera*) como Irlanda (IRL), Luxemburgo (LUX), Estonia (EST) y Reino Unido (GBR). La mayoría de los países con buena puntuación en el índice general también la tienen en el área de *Estado de derecho* (*Propiedad*, *Corrupción*), destacando Dinamarca (DNK); sin embargo, algunos países con buena puntuación global como la República Checa (CZE) y Lituania (LTU), no tienen

buena puntuación en esta área, al igual que la mayoría de países de la zona no euro, que están bien posicionados en el área de *Gobierno limitado*. Otro grupo de países destacan por su puntuación de *Libertad empresarial*, Dinamarca (DNK), Suecia (SWE), Finlandia (FIN), Países Bajos (NLD), Bélgica (BEL) y Alemania (DEU). Países como Croacia (HRV), Italia (ITA), Eslovenia (SVN) y Grecia (GRC) tienen mala puntuación en prácticamente todas las áreas. Francia (FRA) se encuentra con malas puntuaciones en el área de *Gobierno limitado* (Fiscal, Gasto público) siendo su mejor puntuación la correspondiente a *Libertad empresarial*.

Biplot Dinámico: paso 2, análisis dinámico

Con el segundo paso del Biplot Dinámico podemos observar la dinámica del modelo obteniendo las trayectorias tanto de las libertades económicas (Figura 5-26) como de los países (Figura 5-28). Cada trayectoria es el camino que han seguido los diversos elementos hasta llegar a su posición en la situación de referencia, el año 2014.

En la Tabla 5-16 se muestran los valores de los coeficientes de determinación de las proyecciones que indican la calidad de representación de las variables. Hemos marcado en rojo los coeficientes que tienen un valor no significativo en el estadístico F del ANOVA de la regresión. Se observa que el p-valor no significativo se corresponde con las variables mal representadas en el análisis biplot.

R²	ile	prop	cor	fis	gp	emp	lab	mon	com	inv	fin
2005	0,6771	0,7498	0,9026	0,7585	0,4137	0,3842	0,0546	0,2738	0,1674	0,5778	0,5076
2006	0,7342	0,7749	0,9007	0,7877	0,524	0,5754	0,043	0,424	0,3008	0,5047	0,6079
2007	0,7559	0,7784	0,9074	0,8056	0,6122	0,6161	0,0368	0,5533	0,1509	0,5729	0,6066
2008	0,7725	0,7752	0,917	0,7746	0,5783	0,6404	0,0453	0,6068	0,2738	0,6388	0,6397
2009	0,7798	0,7985	0,9302	0,8369	0,6084	0,5515	0,0504	0,3846	0,2668	0,6268	0,6837
2010	0,8226	0,863	0,9353	0,8387	0,6073	0,5216	0,0735	0,4469	0,2088	0,5643	0,5817
2011	0,8556	0,9097	0,9344	0,8372	0,7308	0,5609	0,137	0,3292	0,2169	0,6314	0,5461
2012	0,9086	0,9267	0,932	0,8509	0,796	0,5607	0,2387	0,0892	0,2069	0,6392	0,5461
2013	0,9711	0,9367	0,9434	0,8273	0,8791	0,5673	0,2331	0,0712	0,1983	0,5871	0,6907
2014	0,9748	0,9343	0,9359	0,847	0,884	0,5055	0,1371	0,0537	0,227	0,5999	0,6541

Tabla 5-16: Coeficientes de determinación de las variables, en la Unión Europea

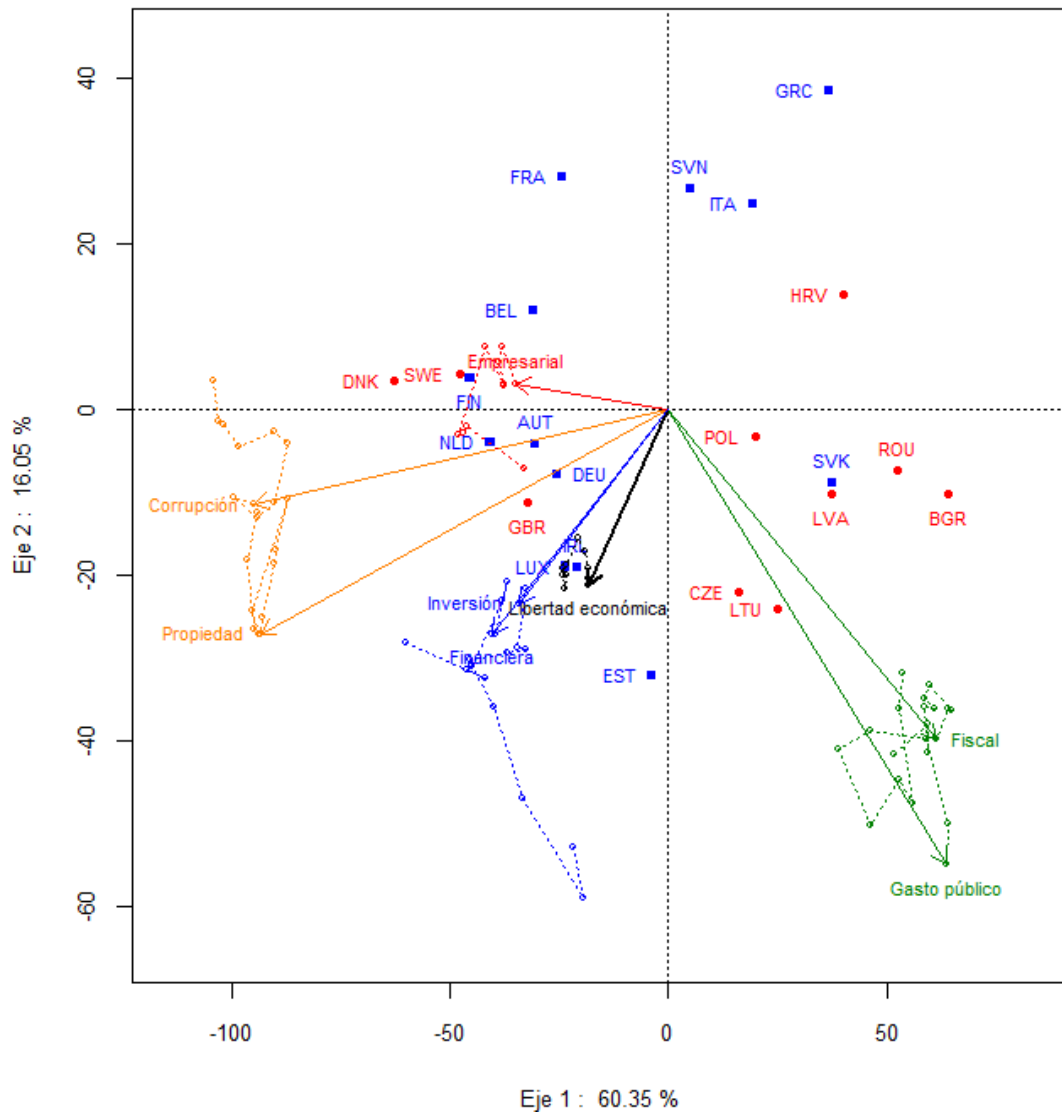


Figura 5-26: Paso 2 del Biplot Dinámico: Trayectoria de los índices de libertad económica en la Unión Europea; terminan en el año de referencia, 2014.

Realizando un zoom sobre la Figura 5-26 observamos mejor cada una de las trayectorias (Figura 5-27). De forma similar se podría realizar otras ampliaciones del resto de la figura.

En la Figura 5-27 se observa una trayectoria corta para el *Índice de Libertad Económica* con un retroceso hasta el año 2007 seguida de una ligera recuperación; se observa un alejamiento de las variables del *Estados de derecho* (Propiedad, Corrupción). Para las variables *Libertad frente a la corrupción* y *Derechos de propiedad* se observa un

retroceso hasta el año 2010 y la posterior recuperación hasta la situación actual; también se observa un desplazamiento hacia la variable del *Índice de Libertad Económica*.

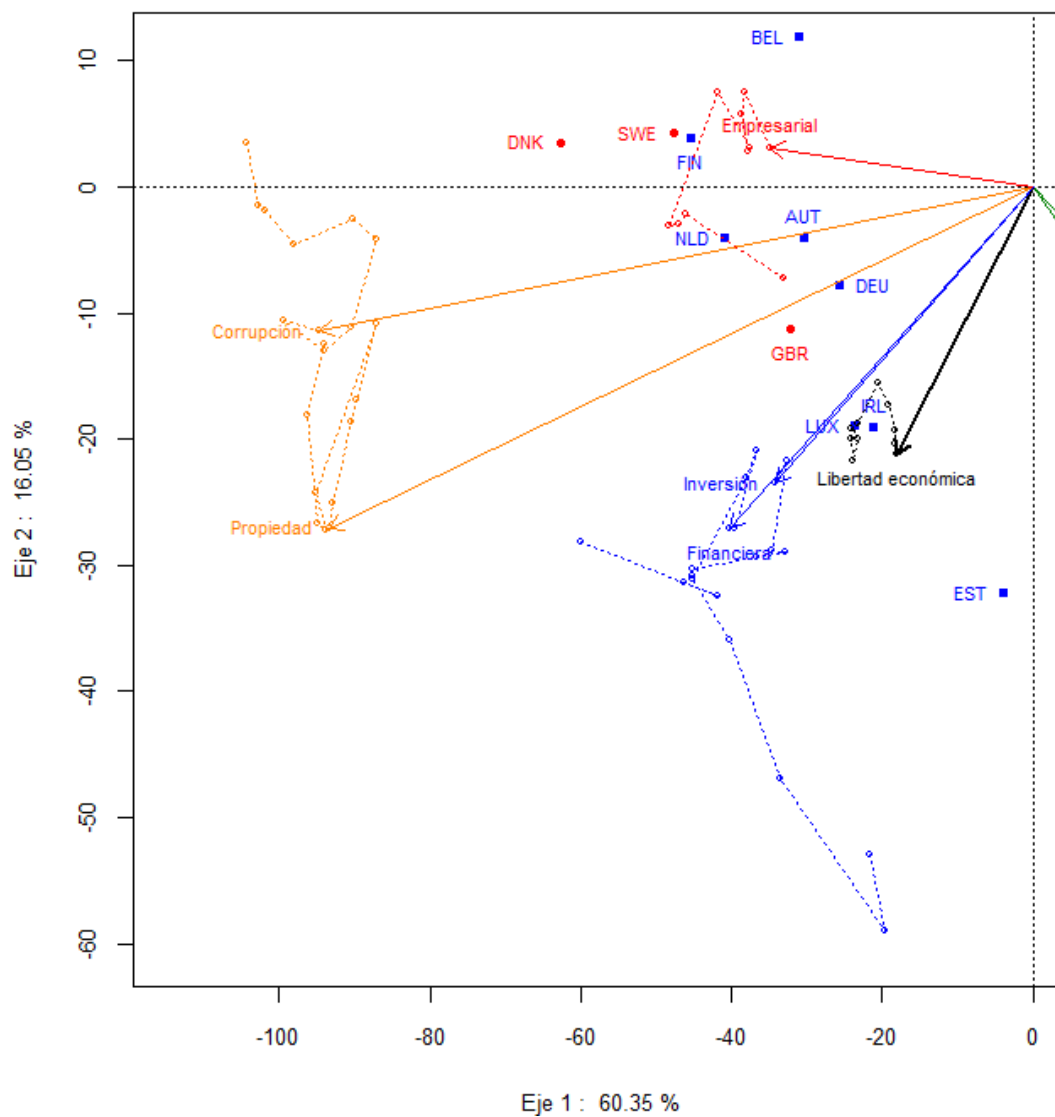


Figura 5-27: Ampliación para observar mejor las trayectorias de las variables en la Unión Europea; cada trayectoria termina en el año de referencia 2014.

La trayectoria de la *Libertad de financiación* presenta hasta el año 2009 una disminución y un desplazamiento hacia el eje 1 seguido de un retroceso en la libertad hasta el 2012.

La variable de *Libertad de inversión* presenta una disminución en prácticamente todos los periodos estudiados, aunque su trayectoria es corta. La variable *Libertad empresarial* presenta un desplazamiento hacia la independencia del *Índice de Libertad Económica*.

En las variables del área de *Gobierno limitado*, la libertad de control del *Gasto público* creció hasta el año 2007, disminuyendo hasta el año 2011 y recuperándose desde entonces; la *Libertad fiscal* ha tenido una trayectoria errática con tendencia hacia el crecimiento.

Las trayectorias de los países están representadas en la Figura 5-28.

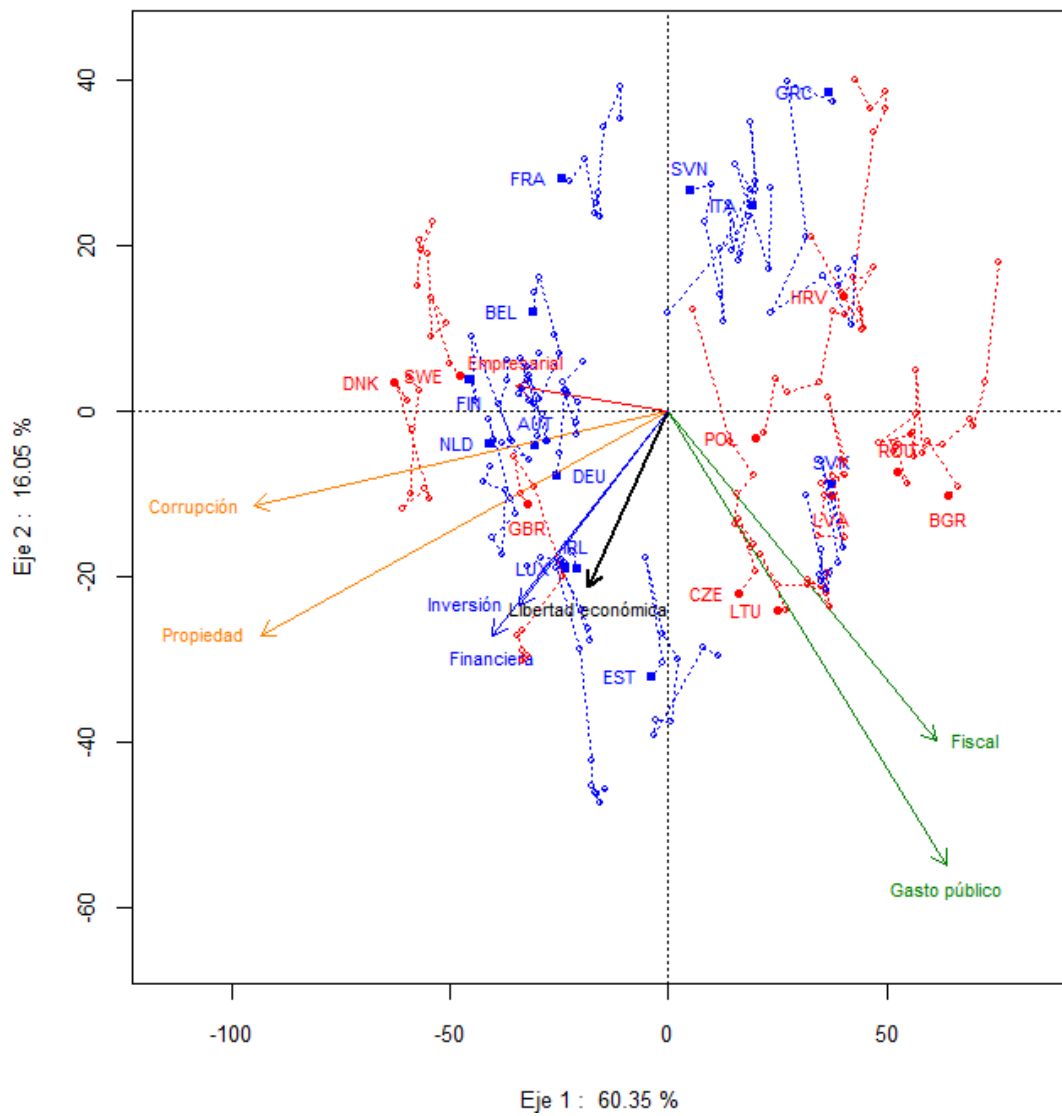


Figura 5-28: Paso 2 del Biplot Dinámico: Trayectoria de países de la Unión Europea; terminan en el año de referencia, 2014.

La etiqueta del país está ubicada en la situación de referencia, en este caso, en el punto final. Una ampliación parcial de esta figura para observar mejor las trayectorias puede verse en la Figura 5-29.

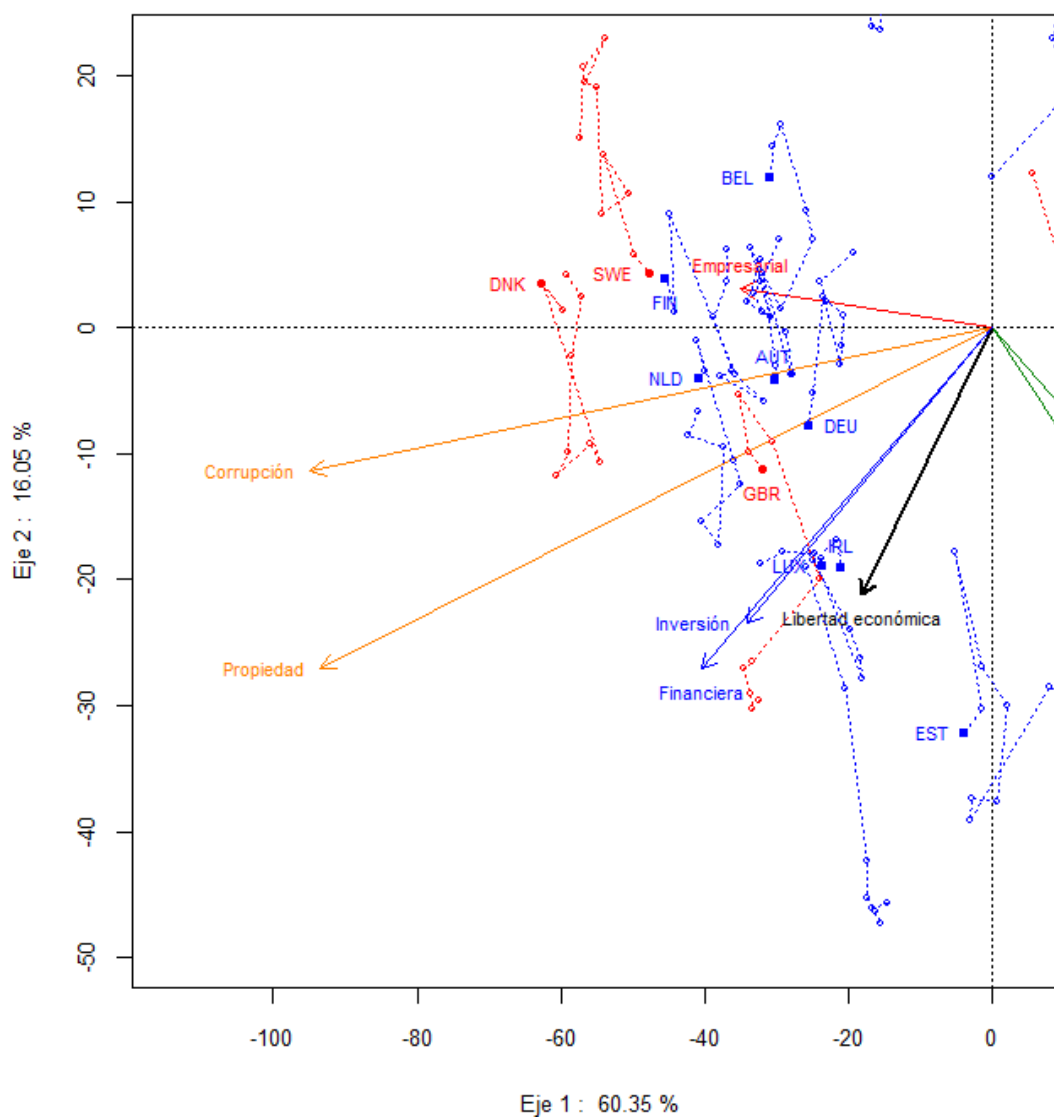


Figura 5-29: Ampliación para observar mejor las trayectorias de los países; cada trayectoria termina en el año de referencia 2014

Suecia (SWE) tiene un incremento de *Libertad empresarial* hasta el año 2009 disminuyendo a partir de ese momento pero incrementando el *Índice de Libertad*

Económica, mejorando el control del *Gasto público* y en *Libertad fiscal*, terminando, aun así, con puntuaciones inferiores a 50.

Finlandia (FIN) y Bélgica (BEL) tienen trayectorias con altibajos, mejorando en *Libertad empresarial* y empeorando en control de *Gasto público*. Alemania (DEU) mejora su índice global, al igual que Francia (FRA), aunque a distinto nivel.

Las trayectorias de Italia (ITA) y Grecia (GRC) presentan fuertes disminuciones del *Índice de Libertad Económica*, *Derechos de propiedad*, *Libertad frente a la corrupción* y, sobre todo Grecia, en control del *Gasto público*.

La recién incorporada Croacia (HRV), Polonia (POL) y Rumanía (ROU) presentan grandes mejoras en todos los índices. Eslovenia (SVN) tiene altibajos.

La República Checa (CZE) presenta una larga trayectoria incrementando la puntuación en el *Índice de Libertad Económica*, *Libertad fiscal* y control del *Gasto público*. Las trayectorias de otros países presentan altibajos.

Las trayectorias representadas en la Figura 5-29 se corresponden con los países con más libertad económica. Dinamarca (DNK) y Países Bajos (NLD) se mantienen estables y Austria (AUT) tiene un desplazamiento hacia la *Libertad de inversión*, *Libertad financiera* y el *Índice de Libertad Económica*. Reino Unido (GBR) presenta grandes retrocesos en el *Índice de Libertad Económica*, *Libertad frente a la corrupción*, *Libertad fiscal* y control del *Gasto público*. Irlanda (IRL) sobre todo disminuye en control del *Gasto público*.

El caso de España

En los análisis realizados anteriormente no ha aparecido España de forma significativa en ninguno de ellos. Debido a nuestra pertenencia a él tenemos interés en conocer cómo ha evolucionado. Estudiaremos otros planos del análisis biplot que, aun cuando recojan menor cantidad de inercia que el visto, nos puedan identificar las características y la evolución que ha seguido España respecto a la libertad económica.

Si observamos en la Tabla 5-15 los ejes que recogen la inercia de la fila correspondiente a España (ESP) vemos que la mayor cantidad está ubicada en el eje 3 (364) seguida del eje 4 (249); el eje 2 recoge (110). Esto nos indicaría que deberíamos estudiar el plano 3-4 pero las variables, salvo la de *Libertad laboral*, y el resto de países

tienen poca representación en este plano. Además, la inercia recogida en el plano sería tan solo el 15%. Decidimos analizar el plano 2-3 que recoge menor cantidad de inercia para España pero permite representar más variables y países, siendo la inercia de este plano del 27%. La representación podemos verla en la Figura 5-30.

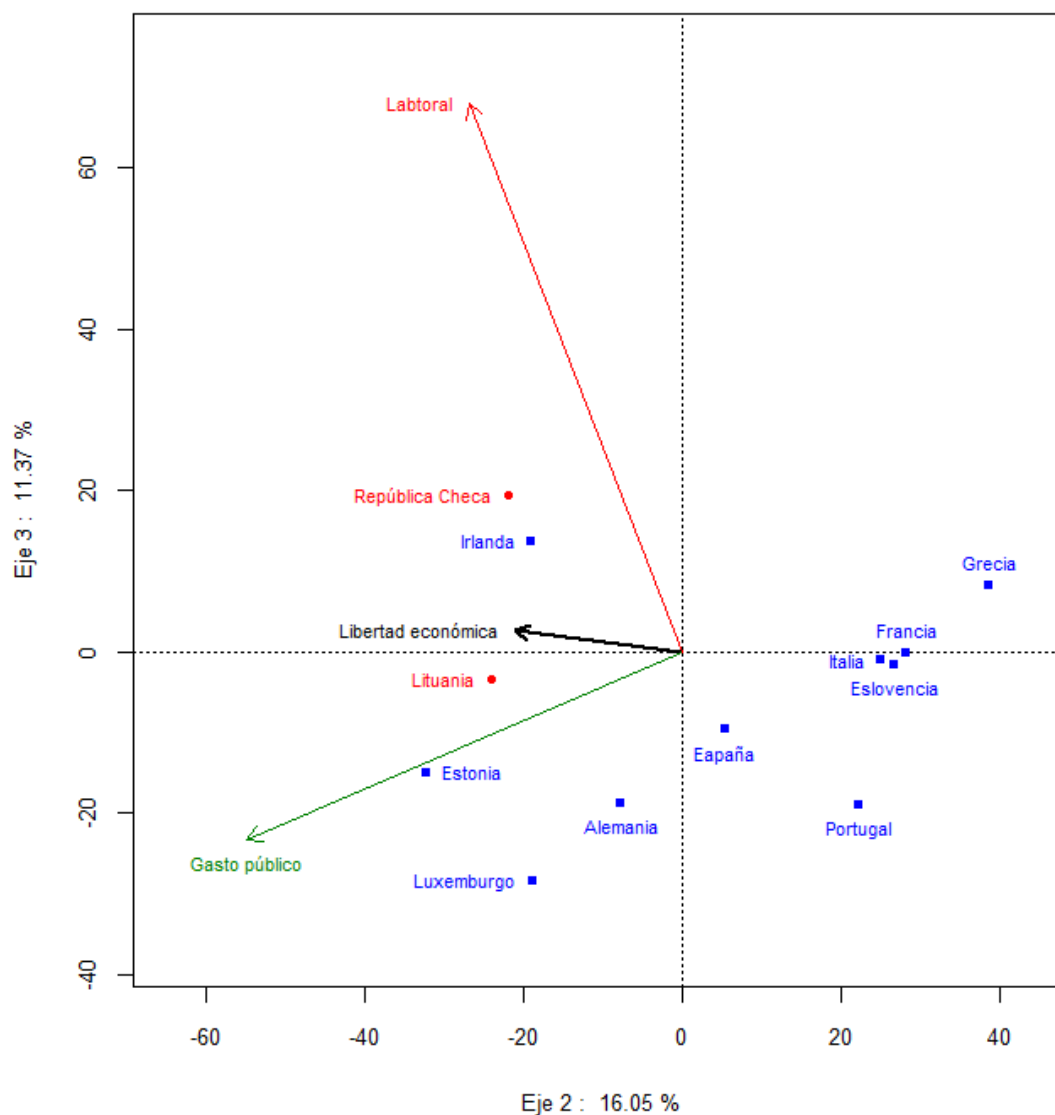


Figura 5-30: Plano 2-3 para el análisis de España

Se han ocultado los elementos con inercia menor de 300. Se observa que tan solo hay tres variables suficientemente representadas, destacando la *Libertad laboral*.

Respecto a los países representados, además de España, aparecen países europeos que han tenido problemas económicos, como Grecia, Irlanda, Italia y Portugal.

Salvo el caso de Irlanda que tiene buena puntuación en el *Índice de Libertad Económica*, los demás países citados presentan puntuaciones por debajo de la media, destacando la mala posición en *Libertad laboral* y en el control del *Gasto público*.

Procedemos a analizar la evolución de estos países que han necesitado ayuda de las autoridades europeas, ocultando el resto para facilitar la interpretación, incluso Grecia que ya ha sido analizada anteriormente. El resultado es la Figura 5-31.

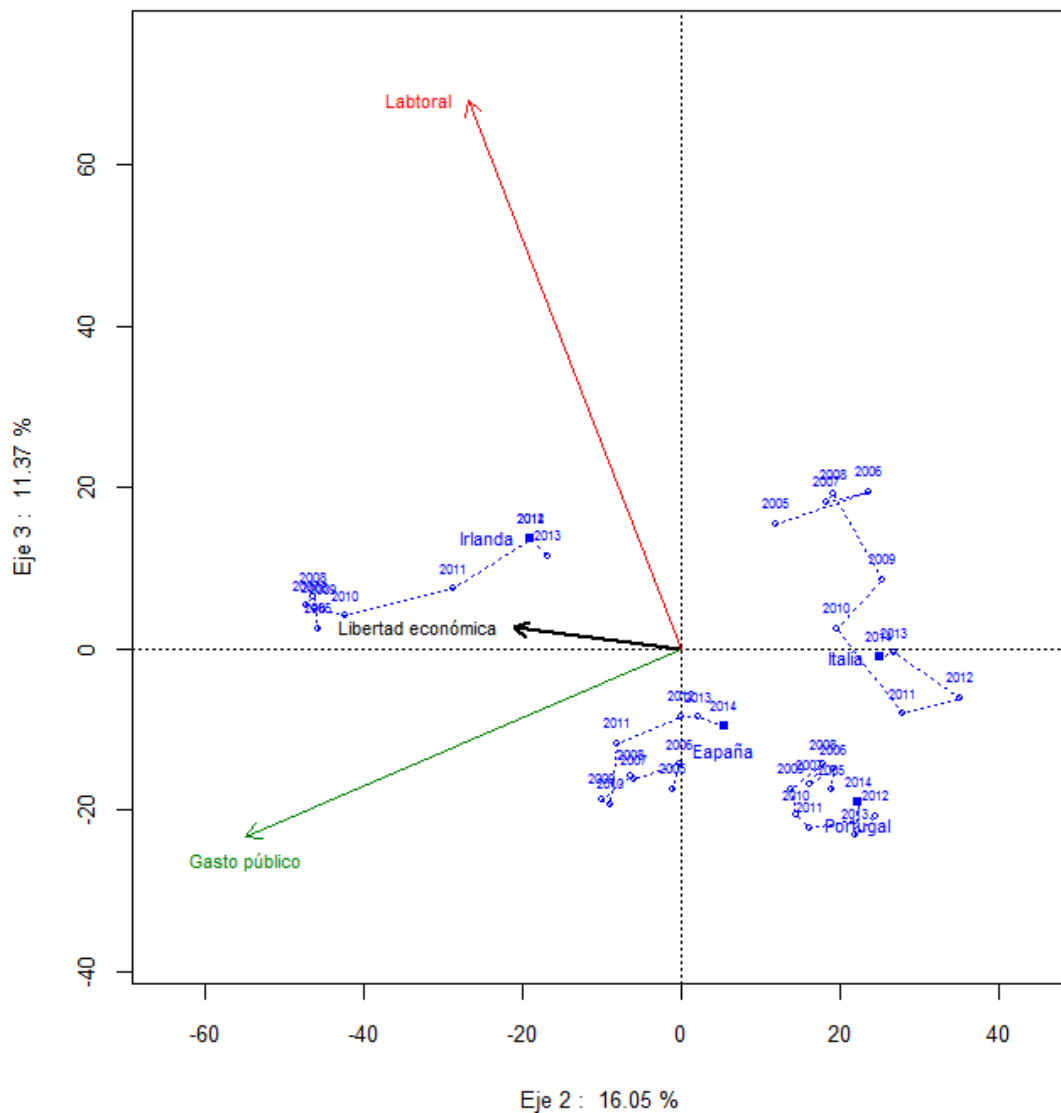


Figura 5-31: Trayectorias de los países de la UE que han tenido dificultades económicas

En la trayectoria de España se observa un ligero incremento hasta el año 2009 en *Libertad económica* y en el control del *Gasto público*, retrocediendo de una manera más acusada hasta la actualidad. En todos los periodos obtiene una puntuación peor que la media en *Libertad laboral*.

Portugal presenta una trayectoria corta y casi circular, con empeoramiento desde el año 2009. Italia tiene una trayectoria descendente bastante acusada hasta el año 2012 procediendo a una ligera recuperación desde entonces; es de destacar la fuerte pérdida de *Libertad laboral* sufrida. Irlanda tiene una puntuación mejor que la media pero su trayectoria indica que ha perdido *Libertad económica* hasta el año 2013, siendo fundamentalmente en el control de *Gasto público*.

Discusión

En el presente epígrafe hemos analizado las relaciones que existen entre los índices que miden las diversas facetas de la libertad económica y el posicionamiento de los países miembros de la EU con cada una de ellas. Aunque casi todos los países integrantes de la EU obtienen buena puntuación en el *Índice de Libertad Económica* no todas las áreas están igualmente desarrolladas. El área de *Estado de derecho* (área no euro) y especialmente el indicador de control del *Gasto público* (ambas áreas) y *Libertad laboral* (área euro) son las que tienen menor puntuación.

En nuestro análisis hemos visto que la EU tiene bien desarrollados los *Derechos de propiedad* y que es uno de los indicadores que más discriminan a los países, pero referente a la política de propiedad intelectual, como dice Hargreaves y UK Intellectual Property Office (2011) es necesario reformar la ley, adaptándola a la realidad que estamos viviendo, siendo una oportunidad única para el desarrollo económico de la EU. “Las cuestiones de Propiedad Intelectual se construyen sobre la base de las pruebas, en lugar de por el peso de grupos de presión, y para garantizar que las instituciones de las que dependemos para entregar la política de propiedad intelectual tienen mandatos claros y la capacidad de adaptación”.

La Política anticorrupción, que como se ha visto es el otro indicador que más discrimina, tampoco da los frutos deseados (Persson, Rothstein, and Teorell 2010; Persson 2002). La corrupción es uno de los problemas que se deben atajar en todas las

sociedades (Clark Williams and Seguí-Mas 2010). Los costes económicos ocasionados por la corrupción en la UE posiblemente asciendan a 120 millones de euros al año (European Commission 2013), pretende impulsar una política de lucha contra la corrupción adoptando el Stockholm Programme (European Council 2010) y no todos los países de UE obtienen los mismos resultados frente a la corrupción como se ha visto en este estudio y en otros autores (Heywood 2007; Jiménez 2011; Trejo Fuentes 2010).

En la UE se encuentra alguna de las economías más avanzadas como Alemania, Reino Unido y Francia, junto a otras no muy desarrolladas como Rumanía, Bulgaria o Letonia, con políticas comunes como puede verse en la información facilitada por la propia UE (Europa 2013) sometiendo a la mayoría de los países a un Procedimiento de Déficit Excesivo (Excessive Deficit Procedure - EDP). Hemos podido comprobar en nuestro análisis que, en la UE, la libertad económica está poco influenciada por las acciones encaminadas a limitar al gobierno. No nos olvidemos que todos los países, salvo Grecia, poseen una buena puntuación en el *Índice de Libertad Económica*.

Como se indica en *Index of Economic Freedom 2014* (Miller et al. 2014), Grecia, Italia, Francia, Chipre y Reino Unido tienen puntuaciones peores que hace dos décadas, mientras que Alemania, Suecia, Lituania, Austria, República Checa, Polonia, Rumanía y Bulgaria terminaron con sus mejores valores. En nuestro análisis hemos comprobado, en el periodo analizado, que Francia y Portugal mejoran su puntuación, mientras que Grecia, Italia y Gran Bretaña empeoran.

El *Índice de Libertad Económica* de la Fundación Heritage se ha utilizado para aplicar diversas técnicas como Tausch (2011) que lo usa junto con otras variables con análisis de regresión con mínimos cuadrados ordinarios para analizar las cuatro libertades de mercancías, capitales, mano de obra y los servicios de la UE, encontrando pros y contras. Yerelí (2007) analiza la libertad económica de los países que aspiran a pertenecer a la UE, concluyendo que “La mayor parte de las economías en transición que se unieron a la UE después de 2004, tienen una mejora periódica de su nivel de libertad económica”, cuestión que hemos podido comprobar con el caso de Croacia. Caetano (2009) hace uso de técnicas de agrupación difusa para comparar los periodos 1999/2001 y 2005/07. Vukotic y Bacovic (2006) presenta un análisis empírico de la interrelación entre la libertad económica y el desarrollo económico concluyendo que “el nivel de libertad

económica está significativamente correlacionado con todos los indicadores macroeconómicos de desarrollo”, cuando es la ausencia de desempleo la variable macroeconómica más influyente en la libertad económica, según hemos podido comprobar.

Además del *Índice de Libertad Económica* desarrollado por la Fundación Heritage existen otros índices similares como el desarrollado por el Instituto Fraser o The European Economic Freedom Index (Ronca and Guggiola 2007; Ronca et al. 2004) basado en él. Usando el índice del Instituto Fraser, autores como Sell (2005) realiza una clasificación de los países de la UE después de la ampliación de 2004, concluyendo que “la libertad económica en Europa tiene una buena oportunidad de aumentar como resultado de la expansión”. En Hall et al. (2011) se estudian las diferencias entre en la libertad económica entre los estados pertenecientes a la zona euro y los no pertenecientes, analizando la correlación existente y GLS, concluyendo que “encontramos evidencia de que la Unión Europea era, en términos netos, positivos para la libertad económica ... Se necesita más investigación para entender exactamente cómo adhesión a la UE afecta a la libertad económica”. Nuestro estudio representa un sensible avance en esta línea de investigación.

Resultados obtenidos para la Unión Europea

El Biplot Dinámico desarrollado en este epígrafe y aplicado a los datos presentados nos permite obtener las siguientes deducciones:

La ausencia de desempleo es la variable que más caracteriza a la libertad económica. De forma positiva, son las variables que miden el crecimiento, como la tasa de crecimiento del PIB y PIB per cápita, las que están más correlacionadas con la libertad económica.

Los países no pertenecientes a la zona euro disfrutan de una mayor libertad económica aun teniendo muchos de ellos economías más débiles que otros de la zona euro como Francia e Italia.

El *Índice de Libertad Económica* está correlacionado con las variables del área de *Apertura de mercados* y *Estado de derecho*, siendo independiente de la variable *Libertad empresarial*.

La mayoría de los países con buena puntuación en el índice general también la tienen en el área de *Estado de derecho* y la mayoría de países de la zona no euro están bien posicionados en el área de *Gobierno limitado*.

Países como Italia, Eslovenia y Grecia tienen mala puntuación en prácticamente todas las áreas. Francia y Croacia también tienen una puntuación menor que la media en el *Índice de Libertad Económica* pero están mejor situadas en *Libertad empresarial* y el área de *Gobierno limitado* respectivamente.

Las variables del área de *Estado de derecho* (*Derechos de propiedad* y *Libertad frente a la corrupción*) son las que más discriminan a los países de la UE. Ambas variables presentan un desplazamiento hacia el *Índice de Libertad Económica*.

Croacia, recién incorporada a la EU, presenta una trayectoria de mejoría en su libertad económica.

España sufre pérdida de *Libertad económica* desde el año 2009, reflejándose fundamentalmente en la pérdida de control del *Gasto público*.

5.10. Deliberaciones sobre el Índice de Libertad Económica

De los estudios realizados anteriormente procedemos a resaltar algunas de las consideraciones más importantes obtenidas.

Respecto a las características generales:

- Existe una relación clara entre los niveles más altos de libertad económica y los niveles mayores de prosperidad general. Igualmente se ha observado que mejoras en la libertad económica, de cualquier nivel, repercuten en un aumento de dinamismo económico y progreso social.
- Se observa un deterioro en el área de *Estado de Derecho*, claramente el área menos desarrollada, en sus dos componentes: *Derechos de Propiedad* y *Libertad frente a la corrupción*.
- El área más desarrollada se corresponde con la de *Gobierno limitado*, siendo la *Libertad fiscal* la que alcanza mayor puntuación y poca dispersión.

- La *Libertad comercial* es el índice más desarrollado de todos los que componen el *Índice de Libertad Económica*.
- Las áreas de *Estado de derecho*, *Apertura de mercados* y *Eficacia reguladora* son las que más discriminan las regiones geográficas.

Respecto a las regiones geográficas:

- Las regiones de América del Norte y Europa son las que tienen mayor libertad económica, mejorando con cada periodo.
- Las regiones de África del Norte y Oriente Medio y América del Sur, Central y Caribe sufren pérdida de libertad económica en el periodo 1996-2014 estudiado.

Respecto a las variables económicas:

- La variable económica que mejor caracteriza al *Índice de Libertad Económica* es el *PIB per cápita*, mientras que la variable económica que se le opone más, a nivel mundial, es la de *Aranceles*. En América es la *Inflación* mientras que en la Unión Europea es el *Desempleo*.
- Los índices de libertad económica se retraen coincidiendo con la crisis económica.

Respecto a los países:

- Las principales diferencias entre los países con mejor puntuación en el *Índice de Libertad Económica* se obtienen en el área de *Gobierno limitado*, en el control del *Gasto público* y en la *Libertad fiscal*.
- Los países con mayor libertad económica destacan por sus avances en *Libertad laboral*, *Derechos de propiedad* y *Libertad frente a la corrupción*.
- Las principales diferencias entre los países con peor puntuación en el *Índice de Libertad Económica* están en el control del *Gasto público* y en la *Libertad frente a la corrupción*.
- Los países con peor puntuación en el *Índice de Libertad Económica* presentan una tendencia de empeoramiento a lo largo del periodo estudiado.

Respecto al continente americano:

- El *Derecho a la propiedad* y la *Libertad frente a la corrupción* son claramente los aspectos menos desarrollados.

- Las variables económicas que más influyen, de forma negativa, en la libertad económica son la *Inflación*, la *Tasa del impuesto de sociedades* y el *Gasto público*.
- El *Índice de Libertad Económica* está muy correlacionado con la *Libertad empresarial* y la *Libertad financiera*.
- Las trayectorias de los índices de libertad en general son cortas y tienden a una mejoría. La *Libertad de inversión* tiene la trayectoria más larga y en crecimiento, seguida de la correspondiente al control del *Gasto público*.
- Los países del continente americano con mejor puntuación en el *Índice de Libertad Económica*, Canadá, Chile, Estados Unidos, Barbados y Uruguay, destacan en *Derechos de propiedad*, *Libertad frente a la corrupción* y *Libertad laboral*. Sus trayectorias están muy concentradas y se mantienen en torno a las variables de *Libertad frente a la corrupción* y los *Derechos de propiedad*. Se observa una pérdida de libertad en los Estados Unidos.
- En el continente americano se encuentran algunos de los países con menor libertad económica del mundo: Cuba, Venezuela, Argentina, Ecuador, Bolivia y Haití. Sus trayectorias han cedido una parte importante de su puntuación.
- Argentina ha sufrido una pérdida importante de libertad económica. Las principales áreas de descenso son las de *Libertad fiscal* y *Gasto público*, seguidas de *Libertad comercial*, *Libertad monetaria*, *Libertad de inversión* y *Libertad financiera*.

Respecto a la Unión Europea:

- En la Unión Europea la tasa de *Desempleo* es la variable económica que más perjudica a la Libertad Económica, siendo la *Tasa de crecimiento de PIB a un año* y el *PIB per cápita* las variables económicas que más la favorecen.
- Los países de la Unión Europea no pertenecientes a la zona euro disfrutaban de una mayor libertad económica aun teniendo muchos de ellos economías más débiles que otros de la zona euro como Francia e Italia.
- El *Índice de Libertad Económica* está correlacionado con las variables del área de *Apertura de mercados* y *Estado de derecho*, siendo independiente de la variable *Libertad empresarial*.

- La mayoría de los países con buena puntuación en el *Índice de Libertad Económica* también la tienen en el área de *Estado de derecho* y la mayoría de países de la zona no euro están bien posicionados en el área de *Gobierno limitado*.
- Se observa que, en general, los países peor posicionados frente a las variables de libertad económica son aquellos con menor *PIB per cápita* aunque destacan por su posicionamiento frente al área de *Gobierno limitado* que recoge las variables de *Libertad fiscal* y control del *Gasto público*.
- Países como Italia, Eslovenia y Grecia tienen mala puntuación en prácticamente todas las áreas. Francia y Croacia también tienen una puntuación menor que la media en el *Índice de Libertad Económica* pero están mejor situadas en *Libertad empresarial* y el área de *Gobierno limitado* respectivamente.
- Las variables del área de *Estado de derecho* (*Derechos de propiedad* y *Libertad frente a la corrupción*) son las que más discriminan a los países de la UE. Ambas variables presentan un desplazamiento hacia el *Índice de Libertad Económica*.
- El *Índice de Libertad Económica* a lo largo del periodo estudiado ha sufrido un retroceso con una ligera recuperación en los últimos años.
- La *Libertad de inversión* presenta una disminución en prácticamente todos los periodos estudiados.
- Las trayectorias que presentan los países de la Unión Europea con economías desarrolladas y con buena puntuación en el *Índice de Libertad Económica* son cortas y tienden a incrementarla, salvo las excepciones de Reino Unido que presenta grandes retrocesos en el *Índice de Libertad Económica*, *Libertad frente a la corrupción*, *Libertad fiscal* y control del *Gasto público*, e Irlanda que sobre todo disminuye en control del *Gasto público*.
- Los países con economías menos desarrolladas, como Croacia, Polonia, República Checa y Rumanía, presentan una mejora constante en el *Índice de Libertad Económica*.
- Los países con profundas crisis económicas, como Italia y Grecia, presentan fuertes disminuciones del *Índice de Libertad Económica*, *Derechos de propiedad*, *Libertad frente a la corrupción*.

- España sufre pérdida de *Libertad económica* desde el año 2009, reflejándose fundamentalmente en la pérdida de control del *Gasto público*.

Conclusiones

Conclusiones

1. En el presente trabajo se desarrolla un nuevo método para el tratamiento de datos de tres dimensiones, al que hemos denominado Biplot Dinámico, siendo éste una extensión de los métodos biplot.
2. El Biplot Dinámico se realiza en dos etapas, dando una visión estática y otra dinámica de los datos, representando sobre la situación elegida la evolución de las diferentes situaciones. Así mismo, representa simultáneamente las trayectorias tanto de los individuos como de las variables.
3. El análisis biplot de la situación de referencia tiene todas las propiedades de la factorización elegida para realizarlo y los elementos proyectados en el Biplot Dinámico conservan propiedades similares respecto a la situación de referencia.
4. Se ha desarrollado el programa dynBiplot para dar soporte a la teoría presentada. Las características del programa dynBiplot permiten que esté disponible para toda la población mundial, siendo fácil de instalar y fácil de utilizar, desde una interfaz gráfica.
5. La interfaz gráfica desarrollada para el programa dynBiplot guía al usuario en todas las acciones que necesita para el proceso de análisis de datos sin tener que poseer conocimientos de programación.
6. La optimización de código realizada en el programa dynBiplot y la gran variedad de opciones gráficas implementadas, le confieren gran potencia de cálculo, permitiendo al usuario centrarse en el objetivo de interpretación de los resultados y la adecuación de los mismos para su exposición, de manera ágil y sin pérdida de tiempo entre cada una de las sucesivas pruebas que se realizan.
7. Los gráficos obtenidos por el programa dynBiplot no necesitan, en general, ser manipulados para ser utilizados en informes o documentos ya que las opciones disponibles aportan una gran flexibilidad y calidad de representación.

8. El programa dynBiplot es flexible en todos sus puntos, facilitando la selección de variables e individuos a analizar, sus formatos y la visualización final del gráfico, implementando ayudas en cada panel y con etiquetas emergentes en los campos.
9. El paquete dynBiplotGUI puede ser utilizado en cuatro idiomas y permite la inclusión de otros de una forma fácil y rápida.
10. Existe una relación clara entre los niveles más altos de libertad económica y los niveles mayores de prosperidad general. Igualmente se ha observado que mejoras en la libertad económica, de cualquier nivel, repercuten en un aumento de dinamismo económico y progreso social.
11. Se observa un deterioro en el área de *Estado de Derecho*, claramente el área menos desarrollada, en sus dos componentes: *Derechos de Propiedad y Libertad frente a la corrupción*. El área más desarrollada se corresponde con la de *Gobierno limitado*, siendo la *Libertad fiscal* la que alcanza mayor puntuación y poca dispersión.

Bibliografía

Bibliografía

- Abdi, H., L. J. Williams, D. Valentin, and M. Bennani-Dosse. 2012. "STATIS and DISTATIS: Optimum Multitable Principal Component Analysis and Three Way Metric Multidimensional Scaling." *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics* 4(2):124–67.
- Abdi, Hervé, Dominique Valentin, Sylvie Chollet, and Christelle Chrea. 2007. "Analyzing Assessors and Products in Sorting Tasks: DISTATIS, Theory and Applications." *Food Quality and Preference* 18(4):627–40. Retrieved (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950329306001236>).
- Achsani, N. A., H. Wijayanto, A. Agustyarti, and D. Lianitasari. 2010. "Similarity of Economic Structure Among Asean+3 Economies: A Multivariate Analysis Based on Maastricht Treaty Criterion." *Eur. J. Soc. Sci. European Journal of Social Sciences* 16(3):409–18.
- Agencia Estatal de Meteorología (España). 2011. *Atlas climático ibérico : temperatura del aire y precipitación (1971-2000)*. Madrid: Instituto Nacional de Meteorología.
- Aldrich, C., S. Gardner, and N. J. Le Roux. 2004. "Monitoring of Metallurgical Process Plants by Using Biplots." *AIChE Journal* 50(9):2167–86. Retrieved (<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/aic.10170/abstract>).
- Álvarez Vázquez, Nelson. 2004. *Econometría II : análisis de modelos econométricos de series temporales*. Madrid: Ediciones Académicas.
- Amaya, J. and P. Pacheco. 2002. "ANÁLISIS FACTORIAL DINÁMICO MEDIANTE EL MÉTODO TUCKER3." Retrieved (<http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/estad/article/view/28544/28836>).
- Arel-Bundock, Vincent. 2013. *Countrycode: Convert Country Names and Country Codes*. Retrieved February 7, 2013 (<http://www.umich.edu/~varel>).
- Ashayeri, A. and J. Degève. 2004. "Quality Control in a Semi-continuous Polymer Production Process." *Quality Engineering* 16(3):347–57.
- Asociación Española de Normalización y Certificación. 2008. *Códigos para la representación de los nombres de los países y sus subdivisiones: Parte 1: Códigos de los países (ISO 3166-1:2006) [y (ISO 3166-1:2006/Cor 1:2007)]*. Madrid: AENOR.
- Baccala, Nora. 2004. "Contribuciones Al Análisis de Matrices de Datos Multivía: Tipología de Las Variables." Universidad de Salamanca, Salamanca, Spain.

- Bachero Nebot, José, Jesús Esteban García, and Antonia Ivars Escortell. 2000. "Aplicación del Biplot al Análisis Comparativo de las Economías de las Comunidades Autónomas: el Caso de Asturias." in *Anales de Economía Aplicada, ASEPELT-España Reunión Anual*. Oviedo: ASEPELT España.
- Bâenassâeni, Jacques and Mohammed Bennani Dosse. 2012. "Analyzing Multiset Data by the Power STATIS-ACT Method." *Advances in Data Analysis and Classification* 6(1):49–65.
- Bailey, David and Alex De Ruyter. 2007. "Globalisation, Economic Freedom and Strategic Decision-Making." *Policy Studies* 28(4):383–98. Retrieved (<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01442870701640757>).
- Banco Mundial. 2012. *China 2030: Building a Modern, Harmonious, and Creative High-Income*.
- Barro, Robert J. and Xavier Sala-i-Martin. 1995. *Economic Growth*. New York: McGraw-Hill.
- Bei, L. T. and T. C. Cheng. 2013. "Brand Power Index - Using Principal Component Analysis." *Applied Economics* 45(20):2954–60.
- BM. 1944. "Grupo Del Banco Mundial." Retrieved March 5, 2012 (<http://www.bancomundial.org/>).
- Bouroche, Jean Marie. 1975. "Analyse des Donnees Ternaires la Double Analyse en Composantes Principales."
- Bresser-Pereira, Luiz Carlos. 2010. "Economics: An Assault on the State." *Challenge* 53(5):57–77. Retrieved (<http://mesharpe.metapress.com/openurl.asp?genre=article&id=doi:10.2753/0577-5132530505>).
- Bro, R. and A. K. Smilde. 2003. "Centering and Scaling in Component Analysis." *Journal of chemometrics*. 17:16–33.
- Bubnova, Nina. 2000. *Governance Impact on Private Investment: Evidence from the International Patterns of Infrastructure Bond Risk Pricing*. Washington, DC: World Bank.
- Caetano, Houming. 2009. "Economic Freedom and Foreign Direct Investment: How Different are the MENA Countries from the EU." *IB iBusiness* 1(2).
- Calvo Hornero, Antonia. 2001. *Organización económica internacional*. Madrid: Editorial Centro de Estudios Ramón Areces.
- Cárdenas, Olesia and Purificación Galindo. 2001. "Biplot con Informacion Externa Basado en Modelos Bilineales Generalizados." Retrieved (<http://hdl.handle.net/10366/19162>).

- Cárdenas, Olesia, Purificación Galindo, and Jose Luis Vicente-Villardón. 2007. "Los Métodos Biplot: Evolución y Aplicaciones." *Revista Venezolana de Análisis de Coyuntura* 001:279–303. Retrieved (<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=36413113>).
- Carlier, André and Pieter M. Kroonenberg. 1996. "Decompositions and Biplots in Three-way Correspondence Analysis." *Psychometrika* 61(2):355–73. Retrieved (<http://link.springer.com/article/10.1007/BF02294344>).
- Chessel, Daniel and M. Hanafi. 1996. "Analyses de la Co-inertie de K Nuages de Points." *Revue de Statistique Appliquée* 44:35–60. Retrieved (http://www.numdam.org/item?id=RSA_1996__44_2_35_0).
- Clark Williams, Cynthia and Elies Seguí-Mas. 2010. "Corporate Governance and Business Ethics in the European Union: a Cluster Analysis." *Journal of Global Responsibility* 1(1):98–126.
- Dazy, Frédéric and Jean Francois le Barzic. 1996. *L'analyse des Données Évolutives: Methodes et Applications*. Paris: Editions Technip.
- Dorado, Ana, Santiago Vicente Tavera, Antonio Blázquez, and Jesús Martín. 1999. "Análisis HJ-Biplot de La Evolución de La Productividad Agraria de La Comunidad de Castilla y León a Lo Largo Del Quinquenio 1991-1995." *Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA)*, 515–30.
- Dray, S., A. B. Dufour, and Daniel Chessel. 2007. "The Ade4 Package-II: Two-table and K-table Methods." *R News*, 47–52. Retrieved (<http://pbil.univ-lyon1.fr/ADE-4>).
- Eckart, Carl and Gale Young. 1939. "A Principal Axis Transformation for Non-hermitian Matrices." *Bull. Amer. Math. Soc. Bulletin of the American Mathematical Society* 45(2):118–22.
- Escoufier, Yves. 1973. "Le Traitement Des Variables Vectorielles." *Biometrics* 29(4):751–60. Retrieved (<http://www.jstor.org/stable/2529140>).
- Escoufier, Yves. 1980. "L'Analyse Conjointes de Plusieurs Matrices de Données." *Biométrie et temps* 59–72.
- Europa, Press releases. 2013. "Commission Takes Steps Under the Excessive Deficit Procedure." Retrieved June 26, 2013 (http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-13-463_en.htm).
- European Commission. 2012. *Economic and Monetary Union and the Euro*. Publications Office of the European Union. Retrieved May 30, 2013 (http://europa.eu/pol/emu/index_en.htm).
- European Commission. 2013. "Corruption." Retrieved June 29, 2013 (http://ec.europa.eu/dgs/home-affairs/what-we-do/policies/organized-crime-and-human-trafficking/corruption/index_en.htm).

- European Council. 2010. "The Stockholm Programme - An Open and Secure Europe Serving and Protecting Citizens." Retrieved June 29, 2013 (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2010:115:0001:0038:EN:PDF>).
- Faria, Jose Claudio and Clarice Garcia Borges. 2011. *Bpca: Biplot of Multivariate Data Based on Principal Components Analysis*. Ilheus, Bahia, Brasil and Piracicaba, Sao Paulo, Brasil: UESC and ESALQ.
- Ferraro, M. A., H. A. L. Kiers, and P. Giordani. 2012. *ThreeWay: Three-Way Component Analysis*.
- Flury, Bernhard N. 1984. "Common Principal Components in K Groups." *Journal of the American Statistical Association* 79(388):892–98.
- FMI. 1945. "Fondo Monetario Internacional (FMI)." Retrieved March 21, 2012 (<http://www.imf.org>).
- Fox, John. 2005. "Rcmdr: R Commander: A Basic Statistics Graphical User Interface to R." *Journal of Statistical Software*, 1–42. Retrieved (<http://www.jstatsoft.org/v14/i09>).
- Fraser Institute. 1974. "Fraser Institute." Retrieved April 12, 2012 (<http://www.fraserinstitute.org/>).
- Frutos Bernal, Elisa and Purificacion Galindo. 2012. *GGEbiplotGUI: Interactive GGE Biplots in R*. Salamanca, Spain: Universidad de Salamanca.
- Gabriel, K. R. 1971. "The Biplot Graphic Display of Matrices with Application to Principal Component Analysis." *Biometrika* 58(3):453–67. Retrieved (<http://biomet.oxfordjournals.org/content/58/3/453.abstract>).
- Gabriel, K. R. 1995. "Biplot Display of Multivariate Categorical Data, with Comments on Multiple Correspondence Analysis." *Recent Advances in Descriptive Multivariate Analysis* 190–226.
- Gabriel, K. Ruben and Charles L. Odoroff. 1990. "Biplots in Biomedical Research." *Statist. Med. Statistics in Medicine* 9(5):469–85.
- Galindo, Purificacion. 1985. "Contribuciones a La Respresentación Simultánea de Datos Multidimensionales." Universidad de Salamanca, Salamanca, Spain.
- Galindo, Purificacion. 1986. "Una Alternativa de Representación Simultánea: HJ-Biplot." *Qüestió* 10(1). Retrieved (<http://hdl.handle.net/2099/4523>).
- Gallego-Alvarez I, Rodriguez-Dominguez L, and Garcia-Rubio R. 2013. "Analysis of Environmental Issues Worldwide: A Study from the Biplot Perspective." *J. Clean. Prod. Journal of Cleaner Production* 42:19–30.

- Garcia-Sanchez, I. M., J. V. Frias-Aceituno, and L. Rodriguez-Dominguez. 2013. "Determinants of Corporate Social Disclosure in Spanish Local Governments." *Journal of Cleaner Production* 39:60–72.
- Gardner, S. and N. J. Le Roux. 2006. "Multidimensional Visualisation of Time Series and the Construction of Acceptance Regions in a PCA Biplot." Rome.
- Gheva, David. 1986. "The Biplot Graphic Technique for the Representation of Multivariate Time Series." *European Journal of Operational Research European Journal of Operational Research* 27(1):95–103.
- Golub, G. H. and C. Reinsch. 1970. "Singular Value Decomposition and Least Squares Solutions." *Numer. Math. Numerische Mathematik* 14(5):403–20.
- Gower, J. C. and D. J. Hand. 1996. *Biplots*. London: Chapman & Hall.
- Gower, John, Sugnet Lubbe, and Niel Le Roux. 2011. *Understanding Biplots*. Chichester, West Sussex, UK; [Hoboken, NJ]: John Wiley. Retrieved (<http://public.eblib.com/EBLPublic/PublicView.do?ptiID=624678>).
- Graffelman, Jan. 2012. *Calibrate: Calibration of Scatterplot and Biplot Axes*.
- Graffelman, Jan and Tomas Aluja-Banet. 2003. "Optimal Representation of Supplementary Variables in Biplots from Principal Component Analysis and Correspondence Analysis." *Biometrical journal. Biometrische Zeitschrift*. 45(4):491.
- Grange, Anthony la, Niël le Roux, and Sugnet Gardner-Lubbe. 2009. *BiplotGUI: Interactive Biplots in R*. Retrieved (<http://www.jstatsoft.org/v30/i12/paper>).
- Greenacre, M. J. 2012. "Biplots: The Joy of Singular Value Decomposition." *Wiley Interdiscip. Rev. Comput. Stat. Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics* 4(4):399–406.
- Greenacre, Michael. 1984. *Theory and Applications of Correspondence Analysis*. London; Orlando Fla.: Academic Press.
- Greenacre, Michael J. 2007. *Correspondence Analysis in Practice*. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC. Retrieved January 23, 2013 (<http://site.ebrary.com/id/10216639>).
- Greenacre, Michael J. 2010. *Biplots in Practice*. Bilbao: Fundación BBVA.
- Grosjean, Philippe. 2012. *SciViews-R: A GUI API for R*. MONS, Belgium: UMONS. Retrieved January 30, 2013 (<http://www.sciviews.org/SciViews-R>).
- Gujarati, Damodar N. 2004. *Econometría*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Gwartney, James D., Robert A. Lawson, and Randall G. Holcombe. 1999. "Economic Freedom and the Environment for Economic Growth." *Journal of Institutional*

and *Theoretical Economics (JITE) / Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft* 155(4):643–63.

Gwartney, James D., Robert Lawson, Joshua C. Hall, and B. C. Fraser Institute (Vancouver. 2012. “Economic Freedom of the World 2012 Annual Report.”

Hall, Joshua C., Robert A. Lawson, and Rachael Wogsland. 2011. “The European Union and Economic Freedom.” *Global Economy Journal* 11(3).

Hargreaves, Ian and UK Intellectual Property Office. 2011. “Digital Opportunity a Review of Intellectual Property and Growth: An Independent Report.” Retrieved June 28, 2013 (<http://www.ipo.gov.uk/ipreview-finalreport.pdf>).

Hayek, F. A. 1991. *The Road to Serfdom*. London: Routledge.

heritage.org. 2012. “The Heritage Foundation.” Retrieved February 7, 2012 (<http://www.heritage.org/>).

Hernandez-Sanchez, Julio Cesar and Jose Luis Vicente-Villardón. 2013a. *NominalLogisticBiplot: Biplot Representations of Categorical Data*. Retrieved November 12, 2013 (<http://cran.at.r-project.org/web/packages/NominalLogisticBiplot/index.html>).

Hernandez-Sanchez, Julio Cesar and Jose Luis Vicente-Villardón. 2013b. *OrdinalLogisticBiplot: Biplot Representations of Ordinal Variables*. Retrieved November 12, 2013 (<http://cran.at.r-project.org/web/packages/OrdinalLogisticBiplot/index.html>).

Hervé, M. 2011. “GrapheR: a Multiplatform GUI for Drawing Customizable Graphs in R.” *The R Journal*, 45–53.

Heywood, Paul M. 2007. “Corruption in Contemporary Spain.” *PS: Political Science & Politics* 40(4):695–99.

Hitiris, Theodore. 2003. “European Union Economics.” Retrieved June 7, 2013 (<http://www.myilibrary.com?id=60027>).

Holcombe, R. G. and J. D. Gwartney. 2010. “Unions, Economic Freedom, and Growth.” *Cato J. Cato Journal* 30(1):1–22.

Holcombe, Randall G. 1998. “Libertad Económica y Crecimiento Económico: Artículos: The Independent Institute.” Retrieved (<http://www.elindependent.org/articulos/article.asp?id=310>).

Householder, A. S. and Gale Young. 1938. “Matrix Approximation and Latent Roots.” *The American Mathematical Monthly* 45(3):165–71.

Ibarra, Rubén A. 1997. “El Análisis Biplot Como Herramienta En El Estudio Descriptivo de Series de Tiempo a Nivel Multivariante.” *Revista Venezolana de Análisis de Coyuntura*, 176–91.

- IBM Corporation and SPSS Inc. 2010. *IBM SPSS Statistics Base 19*. Somers, NY: IBM Corporation.
- Jaffrenou, Pierre Alain. 1978. *Sur l'Analyse des Familles Finies de Variables Vectorielles: Bases Algébriques et Application à la Description Statistique*.
- Jiménez, Alfredo. 2011. "Political Risk as a Determinant of Southern European FDI in Neighboring Developing Countries." *Emerging Markets Finance and Trade* 47(4):59–74.
- Juan, Anna de, Sarah C. Rutan, Romà Tauler, and D. Luc Massart. 1998. "Comparison Between the Direct Trilinear Decomposition and the Multivariate Curve Resolution-alternating Least Squares Methods for the Resolution of Three-way Data Sets." *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 40(1):19–32.
- Kiers, Henk A. L. 1988. "Comparison of 'Anglo-saxon' and 'French' Three-mode Methods." *Statistique et Analyse des Données* 13(3):14–32.
- Kim, You Kyung, Sung Wook Shim, and Keith Dinnie. 2013. "The Dimensions of Nation Brand Personality: A Study of Nine Countries." *Corporate Reputation Review* 16(1):34–47. Retrieved (<http://www.palgrave-journals.com/crr/journal/v16/n1/abs/crr201222a.html>).
- Klaus, Václav. 2005. "The European Union, Economic Freedom and Prosperity: A View Influenced by the IEA Ideas." Retrieved July 1, 2013 (<http://www.klaus.cz/clanky/1945>).
- Klaus, Václav and Ondrej Hejma. 2012. *Europe: the Shattering of Illusions*. London; New York: Bloomsbury.
- Klaus, Václav, Pedro Schwartz, and Mont Pèlerin Society. 2001. *European Union or Not?* London: Centre for Post-Communist Economies.
- Kroonenberg, P. M. 1989. "The Analysis of Multiple Tables in Factorial Ecology. III.-three-mode Principle Component Analyses: 'Analyse Triadique Complète'." *Acta Oecologica. Oecologia Generalis* 10:245–56. Retrieved (<http://hdl.handle.net/1887/11631>).
- Kroonenberg, P. M. 1992. "Three-mode component models: A review of the literature." *Statistica Applicata* 4:619–33. Retrieved (<http://hdl.handle.net/1887/11614>).
- Kroonenberg, P. M. and J. M. F. ten Berge. 2011. "The Equivalence of Tucker3 and Parafac Models with Two Components." *CHEMOM Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 106(1):21–26.
- Kroonenberg, Pieter M. and Jan Leeuw. 1980. "Principal Component Analysis of Three-mode Data by Means of Alternating Least Squares Algorithms." *Psychometrika* 45(1):69–97.

- Krzanowski, W. J. 1979. "Between-Groups Comparison of Principal Components." *Journal of the American Statistical Association* 74(367):703–7.
- Krzanowski, W. J. 1982. "Between-group Comparison of Principal Components Some Sampling Results." *Journal of Statistical Computation and Simulation Journal of Statistical Computation and Simulation* 15(2-3):141–54.
- L'Hermier des Plantes, Henri. 1976. "Structuration des Tableaux à Trois Indices de la Statistique: Théorie et Application d'une Méthode d'Analyse Conjointe." Université des sciences et techniques du Languedoc, [Montpellier].
- Lavit, Christine, Marie-Claire Bernard, Carlos Pérez-Hugalde, and Y. Escoufier. 1988. *Analyse Conjointe de Tableaux Quantitatifs*. Paris; Barcelone [etc.]: Masson.
- Lavit, Christine, Yves Escoufier, R. Sabatier, and Pierre Traissac. 1994. "The ACT (STATIS Method)." Retrieved (<http://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010019147>).
- Maravelakis, P. 2002. "Identifying the Out of Control Variable in a Multivariate Control Chart." *Communications in Statistics - Theory and Methods* 31(12):2391–2391–2408.
- Martín-Rodríguez, Jesús, Ma Purificación Galindo-Villardón, and José L. Vicente-Villardón. 2002. "Comparison and Integration of Subspaces from a Biplot Perspective." *Journal of Statistical Planning and Inference* 102(2):411–23. Retrieved (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037837580100101X>).
- Matos, F., A. Lopes, N. Matos, and V. Vairinhos. 2012. "Testing the Intellectual Capital Model Using Biplots." *Proceedings of the European Conference on Knowledge Management, ECKM* 1:717–25.
- Mechelen, Iven Van and Age K. Smilde. 2011. "Comparability Problems in the Analysis of Multiway Data." *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 106(1):2–11.
- Melnik, Stefan. 2011. "The Crisis of Economic Freedom in Europe." *Information and Resources*. Retrieved (<http://stmelnik.com/home.html>).
- Mendes, Susana Luisa da Custodia Machado. 2011. "Métodos Multivariantes Para Evaluar Patrones de Estabilidad y Cambio Desde Una Perspectiva Biplot." Universidad de Salamanca, Salamanca, Spain. Retrieved June 13, 2013 (<http://hdl.handle.net/10366/115587>).
- Miller, Terry, Kim Holmes, and Edwin J. Feulner. 2013a. *2013 Index of Economic Freedom*. Washington, D.C.; New York, N.Y.: Heritage Foundation; Wall Street Journal. Retrieved February 13, 2013 (<http://www.heritage.org/index/>).

- Miller, Terry, Kim Holmes, and Edwin J. Feulner. 2013b. "Puntos destacados del Índice 2013 de Libertad Económica." Retrieved April 2, 2013 (<http://www.libertad.org/indice/>).
- Miller, Terry and Anthony B. Kim. 2013. "Chapter 7: Defining Economic Freedom." in *2013 Index of Economic Freedom*. Washington, D.C.; New York, N.Y.: Heritage Foundation; Wall Street Journal.
- Miller, Terry, Anthony B. Kim, and Kim Holmes. 2014. *Index of Economic Freedom 2014*. Heritage Foundation.
- Minitab, Inc. 2007. *Minitab 15 Statistical Software*. State College, PA: Minitab.
- Montes Gan, José Vicente and Eva Medina Moral. 2009. "Un Enfoque Institucional Sobre La Prosperidad de Las Naciones. Gobernanza, Libertad Económica y Democracia." *Información Comercial Española, ICE: Revista de economía* (848):193–216. Retrieved (<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3010059>).
- Morgan, Glenn. 2011. "Comparative Capitalisms." *International Studies of Management and Organization* 41(1):12–34. Retrieved (<http://mesharpe.metapress.com/openurl.asp?genre=article&id=doi:10.2753/IMO0020-8825410101>).
- Nieto Librero, Ana Belen, Nora Baccala, Purificacion Vicente Galindo, and Purificacion Galindo. 2012. *multibiplotGUI: Multibiplot Analysis in R*. Retrieved (<http://cran.es.r-project.org/>).
- Nieto Librero, Ana Belen and Purificacion Galindo Villardon. 2013. *biplotbootGUI: Bootstrap on Classical Biplots*. Retrieved (<http://cran.es.r-project.org/>).
- OCDE. 1961. "Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE)." Retrieved March 21, 2012 (<http://www.oecd.org>).
- Oksanen, Jari et al. 2012. *Vegan: Community Ecology Package*.
- OMC. 1995. "Organización Mundial Del Comercio (OMC)." Retrieved March 21, 2012 (<http://www.wto.org>).
- Ousterhout, John K. 1994. *Tcl and the Tk Toolkit*. Reading, Mass.: Addison-Wesley.
- Pagès, Jérôme and Brigitte Escoufier. 1984. *L'Analyse Factorielle Multiple*. Paris: Institut de Statistique, Université Pierre et Marie Curie.
- Pascouau, Yves. 2013. "Strong Attack Against the Freedom of Movement of EU Citizens: Turning Back the Clock." Retrieved (http://www.epc.eu/pub_details.php?cat_id=4&pub_id=3491).
- Peña, Daniel. 2005. *Análisis De Series Temporales*. Madrid: Alianza.

- Persson, Anna, Bo Rothstein, and Jan Teorell. 2010. "The Failure of Anti-Corruption Policies A Theoretical Mischaracterization of the Problem." *QoG Working Paper Series* 19:19. Retrieved ([http://www.sida.se/PageFiles/39460/Failure%20Anti_Corruption%20policy%20\(2\).pdf](http://www.sida.se/PageFiles/39460/Failure%20Anti_Corruption%20policy%20(2).pdf)).
- Persson, Torsten. 2002. "Do Political Institutions Shape Economic Policy?" *Econometrica* 70(3):883–905. Retrieved (<http://search.proquest.com/docview/203885300/141999AA5C05D6A305F/16?accountid=17252>).
- Pinzón Sarmiento, Luz Mary. 2011. "Biplot consenso para análisis de tablas múltiples." Universidad de Salamanca, Salamanca, Spain. Retrieved June 10, 2013 (<http://hdl.handle.net/10366/115645>).
- Pinzón Sarmiento, Luz Mary and José Luis Vicente Villardón. 2012. *Biplot Consenso para Análisis de Tablas Múltiples*. Salamanca: Ediciones Universidad de Salamanca.
- R Core Team. 2012a. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Retrieved January 24, 2013 (<http://www.R-project.org/>).
- R Core Team. 2012b. "The Comprehensive R Archive Network." Retrieved January 24, 2013 (<http://CRAN.R-project.org/>).
- R Core Team et al. 2014. *Foreign: Read Data Stored by Minitab, S, SAS, SPSS, Stata, Systat, Weka, dBase*. Retrieved September 25, 2014 (<http://cran.at.r-project.org/web/packages/foreign/index.html>).
- REE. 2011. *El Sistema Eléctrico Español En 2010*. Madrid: Red Eléctrica de España.
- REE. 2012. "REE - Red Eléctrica de España." Retrieved December 8, 2012 (<http://www.ree.es/>).
- Ripley, Ripley and Michael Lapsley. 2012. *RODBC: ODBC Database Access*.
- Rode, Martin. 2011. "Economic Freedom and Growth. Which Policies Matter the Most?" *Const Polit Econ Constitutional Political Economy* (2).
- Ronca, Giovanni and Gabriele Guggiola. 2007. *La Libertà Economica nel Mondo, in Europa, in Italia*. Torino; Milano: Centro di ricerca e documentazione Luigi Einaudi ; Guerini e associati.
- Ronca, Giovanni, Gabriele Guggiola, Paolo Bussi, and Davide Donati. 2004. *Misurare la Libertà Economica: nel Mondo, in Europa, in Italia*. Milano: Guerini e associati ; Lazard ; Centro di ricerca e documentazione "Luigi Einaudi."
- Sabatier, Robert and Myrtille Vivien. 2008. "A New Linear Method for Analyzing Four-way Multiblock Tables: STATIS-4." *Journal of Chemometrics* 22(6):399–407. Retrieved (<http://doi.wiley.com/10.1002/cem.1150>).

- Sala-i-Martin, Xavier. 1997. "I Just Ran Two Million Regressions." *The American Economic Review* 87(2):178–83. Retrieved (<http://www.jstor.org/stable/2950909>).
- Sala-i-Martin, Xavier. 2000. *Apuntes De Crecimiento Económico*. 2a. ed. Barcelona: Antoni Bosch.
- SAS Institute. 2010. "SAS 9.2 64 Bit."
- Schepers, Stefan. 2010. "Business-government Relations: Beyond Lobbying." *Corporate Governance* 10(4):475–83. Retrieved (<http://www.emeraldinsight.com/10.1108/14720701011069696>).
- Schwab, Klaus. 2010. *The Global Competitiveness Report 2010-2011*. Geneva: World Economic Forum.
- Sell, Clifford W. 2005. "Economic Freedom in the 25-Member European Union: Insights Using Classification Tools." Pp. 553–60 in *Classification — the Ubiquitous Challenge, Studies in Classification, Data Analysis, and Knowledge Organization*, edited by Professor Dr Claus Weihs and Professor Dr Wolfgang Gaul. Springer Berlin Heidelberg. Retrieved July 1, 2013 (http://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-28084-7_65).
- Sen, Amartya. 2000. *Desarrollo y Libertad*. 1. ed. [Barcelona]: Planeta.
- Simier, Monique, M. Hanafi, and D. Chessel. 1996. "Approche Simultanée de K Couples de Tableaux." Pp. 673–76 in *Recueil des Résumés des Communications des 28èmes Journées de Statistique*. Québec: Université Laval. Retrieved June 11, 2013 (<http://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010005807>).
- Smith, Adam. 1776. *Wealth of Nations*.
- Smith, Adam. 1801. *Wealth of Nations*. 6th ed. Dublin: N. Kelly.
- Smith, C. T. and T. Fetzer. 2004. "The Uncertain Limits of the European Court of Justice's Authority: Economic Freedom Versus Human Dignity." *COLUMBIA JOURNAL OF EUROPEAN LAW* 10:445–90.
- Sparks, Ross, Adolphson, Allan, and Phatak, Alope. 1997. "Multivariate Process Monitoring Using the Dynamic Biplot." *Revue Internationale de Statistique* 65(3):325.
- Stanimirova, I. et al. 2004. "STATIS, a Three-way Method for Data Analysis. Application to Environmental Data." *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 73(2):219–33.
- StataCorp LP. 2012. "Stata Release 12 Statistics, Graphics, Data Management."
- StatSoft Inc. 2013. *STATISTICA*. Retrieved January 28, 2013 (<http://www.statsoft.com>).

- Suazay, Lucie, M. Hanafi, EM Qannari, and P. Schlich. 2006. "Analyse de K + 1 Tableaux à l'Aide de La Méthode STATIS: Application En Évaluation Sensorielle." Pp. 1–23 in. Montpellier (France).
- Szczepanski, Marcin. 2013. "Further Steps to Complete the Single Market." *Library of the European Parliament*, May 17. Retrieved July 1, 2013 (http://www.europarl.europa.eu/RegData/bibliotheque/briefing/2013/130541/LDM_BRI%282013%29130541_REV1_EN.pdf).
- Tausch, Arno. 2011. *The "Four Economic Freedoms" and Life Quality: General Tendencies and Some Hard Lessons for EU-27-Europe*. Rochester, NY: Social Science Research Network. Retrieved July 1, 2013 (<http://papers.ssrn.com/abstract=1924133>).
- The MathWorks, Inc. 2013. *MATLAB*. Retrieved January 29, 2013 (<http://www.mathworks.es>).
- Thioulouse, Jean. 2011. "Simultaneous Analysis of a Sequence of Paired Ecological Tables: A Comparison of Several Methods." *The Annals of Applied Statistics* 5(4):2300–2325. Retrieved (<http://projecteuclid.org/euclid.aoas/1324399596>).
- Thioulouse, Jean and Stephane Dray. 2007. "Interactive Multivariate Data Analysis in R with the Ade4 and ade4TkGUI Packages." *Journal of Statistical Software*, 1–14. Retrieved January 29, 2013 (<http://pbil.univ-lyon1.fr/ade4TkGUI>).
- Tierney, Luke. 2011. *Tkrplot: TK Rplot*.
- Trejo Fuentes, Luis Antonio. 2010. "Corrupción y Desigualdad en la Unión Europea." *Revista de Estudios Sociales* 37:106–20.
- Tucker, LR. 1966. "Some Mathematical Notes on Three-mode Factor Analysis." *Psychometrika* 31(3):279–311. Retrieved January 24, 2013 (<http://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&CSC=Y&NEWS=N&PAGE=fulltext&D=med1&AN=5221127>).
- Udina, F. 2005. "Interactive Biplot Construction." *Journal of Statistical Software*, January 15, 1–16. Retrieved January 28, 2013 (<http://www.jstatsoft.org/v13/i05/paper>).
- Vallejo-Arboleda, Amparo, José L. Vicente-Villardón, and M. P. Galindo-Villardón. 2007. "Canonical STATIS: Biplot Analysis of Multi-table Group Structured Data Based on STATIS-ACT Methodology." *Computational Statistics & Data Analysis* 51(9):4193–4205. Retrieved (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167947306001319>).
- Vicente Galindo, Purificación, Teresa de Noronha Vaz, and Peter Nijkamp. 2011. "Institutional Capacity to Dynamically Innovate: An Application to the Portuguese Case." *TFS Technological Forecasting & Social Change* 78(1):3–12.

- Vicente Tavera, Santiago. 1992. "Las Técnicas de Representación de Datos Multidimensionales En El Estudio Del Índice de Producción Industrial En La C.E.E." Universidad de Salamanca.
- Vicente Tavera, Santiago et al. 1993. "Análisis Gráfico y Descripción Estructural de La Variabilidad de Cultivos En Castilla-León." *Revista De Investigacion Agraria. Economia* 8(3).
- Vicente Tavera, Santiago and Julián Ramajo Hernández. 1995. "El Crecimiento Sectorial de las Comunidades Autónomas en el Periodo 1971-1991. Análisis Mediante Técnicas Multivariantes." in *Anales de Economía Aplicada, ASEPELT-España Reunión Anual*. Santiago de Compostela: ASEPELT España.
- Vicente Villardón, José Luís. 1992. "Una Alternativa a las Técnicas Factoriales Basada en una Generalización de los Métodos Biplot." Universidad de Salamanca, España.
- Vicente Villardón, José Luís. 2010. *MULTBILOT: A Package for Multivariate Analysis Using Biplots*. Departamento de Estadística. Universidad de Salamanca. Retrieved January 28, 2013 (<http://biplot.usal.es/ClassicalBiplot/index.html>).
- Vicente Villardón, José Luis, Purificación Galindo, and Antonio Blázquez. 2006. "Logistic Biplots." Pp. 491–509 in *Multiple Correspondence Analysis and Related Methods*. London: Chapman & Hall.
- Vivien, Myrtille and Robert Sabatier. 2004. "A Generalization of STATIS-ACT Strategy: DO-ACT for Two Multiblocks Tables." *COMSTA Computational Statistics and Data Analysis* 46(1):155–71.
- Vivien, Myrtille and Francis Sune. 2009. "Two Four-way Multiblock Methods Used for Comparing Two Consumer Panels of Children." *Food Quality and Preference* 20(7):472–81. Retrieved (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950329309000573>).
- Vukotic, Veselin and Maja Bacovic. 2006. "Economic Freedom and Economic Growth in South East Europe." *Transition Studies Review* 13(1):81–91.
- WEF. 1971. "The World Economic Forum." Retrieved April 11, 2012 (<http://www.weforum.org/>).
- WRC Research Systems, Inc. 2012. *BrandMap*. Retrieved January 28, 2013 (<http://www.wrcresearch.com>).
- WSJ. 2012. "The Wall Street Journal." Retrieved February 7, 2012 (<http://www.wsj.com>).
- Wulandari, Ririn, Budi Suharjo, Agus W. Soehadi, and Herry Purnomo. 2012. "Characteristic and Preferences of Green Consumer Stratification As Bases to Formulating Marketing Strategies of Ecolabel-Certified Furniture." *Issues in Social & Environmental Accounting* 6(1/2):123–41.

- Yan, Weikai and Manjit S. Kang. 2011. "GGEbiplot." Retrieved January 28, 2013 (<http://www.ggebiplot.com>).
- Yerelí, Ahmet Burcin. 2007. "The Effects of the Enlargement of EU on the Economic Freedom Level of Transitional Economies." *Sosyal Bilimler Dergisi* 153–75. Retrieved (http://journals.manas.kg/mjsr/oldarchives/Vol09_Issue17_2007/552-1470-1-PB.pdf).

Anexos

Anexo 1. Nomenclatura

C	Cubo de datos, de dimensión $n \times p \times q$
n, p, q	número de filas, columnas, situaciones de C
i, j, k	elemento genérico para las filas, columnas, situaciones de C
t	momento de referencia
\bar{y}, \bar{y}_j	vector de las medias de las columnas, media de la columna j , en t
Y	matriz de datos en la referencia t
y_i, y_j	individuo i -ésimo, variable j -ésima de la matriz Y
A, B	matrices de los marcadores fila, columna
a_i, b_i	vector fila de la matriz A, B
U, V, D	matrices de vectores propios y valores singulares
u_i, v_j	fila de la matriz U, V
J	matriz de marcadores fila para las factorizaciones JK y HJ-Biplot
K	matriz de marcadores columna para la factorización JK-Biplot
G	matriz de marcadores fila para la factorización GH-Biplot
H	matriz de marcadores columna para las factorizaciones GH y HJ-Biplot
j_j, k_j, g_j, h_j	fila de la matriz J, K, G, H
z, \hat{z}	vector columna a proyectar, proyección no optimizada
s	proyección del vector z
x', \hat{x}	vector fila a proyectar, proyección no optimizada
o	proyección del vector x
Z	matriz de variables o individuos a proyectar
L, M	matriz de marcadores fila, columna de las proyecciones

Z_j	matriz de dimensión $n \times q$ de las situaciones de la variable j
z_k, s_k	vector columna de Z_j en la situación k , vector de coordenadas de z_k
X_i	matriz de dimensión $p \times q$ de las situaciones del individuo i
x_k, o_k	vector fila de X_i en la situación k , vector de coordenadas de x_k
F	matriz factor de redimensionamiento de las coordenadas
I	matriz identidad de la dimensión adecuada
R_k^2, r_k	coeficiente de determinación y de correlación múltiple en la situación k
ρ	coeficiente de autocorrelación

Anexo 2. Código fuente de dynBiplot

El código fuente del programa **dynBiplot** en su versión más moderna puede ser recuperado desde la red CRAN al estar incluido en la distribución del paquete **dynBiplotGUI**.

A continuación se muestra la versión 1.0.1 del programa fuente:

```
dynBiplot <-  
function (lang="es")  
{  
  #require(tcltk2)  
  #library(tkrplot)  
  #if (.Platform$OS.type=="windows") library(RODBC)  
  #  
  #      b.x      - Archivo de entrada  
  #      b.x2     - Matriz de 2 vias  
  #      b.x3     - Cubo de 3 vias  
  #      b.f*     - Archivos de formatos  
  #      bt.*     - Archivos/variables temporales  
  #  
  #      Variables  
  #  
  mens.leer <- "Datos a tratar"      # referencia del archivo de entrada  
  bt.leer  <- tclVar(0)              # tipo de archivo a cargar  
  bt.le    <- 1                      # niveles de situaciones  
  tb      <- tclVar("1")            # tipo de biplot HJ  
  vf      <- tclVar()                # para formato  
  i3v     <- tclVar("0")            # indicador de datos de 3 vias  
  ifo     <- tclVar("0")            # indicador de carga de formatos  
  ifl     <- tclVar("0")            # indicador de campos de formatos  
  icar    <- tclVar("0")            # indicador de datos cargados  
  ifd     <- tclVar("0")            # indicador de ya mostrado formato datos  
  it1     <- tclVar("0")            # indicador de mostrar titulo  
  it2     <- tclVar("0")            # indicador de mostrar subtítulo  
  iagr    <- 1                      # indicador de boton de formato  
  iyax    <- 0                      # indicador de ya rotado x  
  iyay    <- 0                      # indicador de ya rotado y  
  isd     <- tclVar("0")            # indicador de ya mostrado selector de datos  
  imos    <- tclVar("1")            # indicador de mostrar en dibujo  
  ieje    <- tclVar("1")            # indicador mostrar ejes.  
  ipca    <- tclVar("0")            # indicador de PCA  
  icen    <- tclVar("1")            # indicador de centrado  
  iesc    <- tclVar("1")            # indicador de escalado  
  iref    <- tclVar("1")            # indicador estandarizar por #dimension.  
  ibg     <- tclVar("0")            # indicador de biplot global  
  ietx    <- tclVar("1")            # indicador de etiquetas para x  
  iety    <- tclVar("1")            # indicador de etiquetas para y  
  ietzr   <- tclVar("1")            # indicador de etiquetas para z filas  
  ietzc   <- tclVar("1")            # indicador de etiquetas para z columnas  
  itr     <- tclVar("1")            # indicador de mostrar trayectoria filas  
  itrc    <- tclVar("1")            # indicador de mostrar trayectoria columnas  
  ittp    <- tclVar(0)              # indicador de existe ventana grafica  
  igx     <- tclVar(0)              # indicador rotar x en el grafico  
  igy     <- tclVar(0)              # indicador rotar y en el grafico  
  ex1     <- tclVar()                # variable rotar -x  
  ex2     <- tclVar()                # variable rotar +x  
  ey1     <- tclVar()                # variable rotar -y  
  ey2     <- tclVar()                # variable rotar +y  
  veti    <- tclVar()                # variable que tiene las etiquetas  
  vsit    <- tclVar()                # variable que tiene las situaciones  
  vagr    <- tclVar()                # variable de agrupacion para formato  
  vagl    <- tclVar()                # valor de agrupacion seleccionada
```

```

vref <- tclVar() # variable que tiene la referencia
vinx <- tclVar("0") # variable cantidad de inercia a mostrar para
x
viny <- tclVar("0") # variable cantidad de inercia a mostrar para
y
vesc <- tclVar("1") # variable para reescalado
vtit <- tclVar("Biplot") # variable para recoger el titulo
vsub <- tclVar() # variable para recoger el subtítulo
neje <- tclVar("2") # captura ejes a tratar
dil <- tclVar("1") # captura dim1 a tratar
di2 <- tclVar("2") # captura dim2 a tratar
nejes <- 2 # numero de ejes a tratar
dim1 <- 1; dim2 <- 2 # para tratar las dimensiones
label.ejes <- array() # etiquetas "Eje" para los factores

#
# Declaracion de variables para evitar NOTE en R CMD check
#
bt.hoja <- bt.hc <- bt.hr <- NULL
b.x2 <- b.x3 <- NULL
bt.cubo.b <- bt.nl <- bt.leve <- NULL
bt.t <- bt.x <- bt.x2 <- bt.x3 <- bt.fx <- bt.fy <- bt.tf <- bt.fyg <- bt.fyg <-
NULL
bt.mean <- bt.sd <- bt.x2m <- bt.x2sd <- NULL
bt.c <- bt.e <- bt.xce <- bt.zc <- bt.zr <- bt.r2c <- bt.r2r <- NULL
bt.Fc <- bt.Prc <- NULL
bt.svd <- bt.U <- bt.V <- bt.D <- bt.a <- bt.b <- NULL
bt.varexp1 <- bt.res.vp <- bt.res.a <- bt.res.b <- NULL
bt.res.cr <- bt.res.cc <- bt.res.ty <- bt.res.tx <- bt.res.r2y <- NULL
bt.res.Fy <- bt.res.Pry <- NULL
bt.en1 <- bt.micol <- bt.cv1 <- bt.cbb1 <- bt.en2 <- bt.cbb2 <- NULL
bt.micol2 <- bt.cv2 <- bt.typl <- bt.bu3 <- bt.tb3.t2 <- NULL
bt.limx <- bt.limy <- bt.limx1 <- bt.limy1 <- NULL
bt.ttp <- bt.ttp1 <- bt.ttp2 <- bt.img <- NULL

#
# Seleccion de lenguaje
#
lit0 #
read.csv(file.path(path.package("dynBiplotGUI"), "lang", "Language.csv", fsep=.Platform$fil
e.sep),
header=T, as.is=1, sep=";")
if(lang=="es") lit <- lit0["es"] # espanol
else if(lang=="fr") lit <- lit0["fr"] # frances
else if(lang=="pt") lit <- lit0["pt"] # portugues
else lit <- lit0["en"] # ingles, en los demas
casos
bt.lit <- apply(lit, 2, paste) # forzar comillas
#
# Funciones <<<<<<=====
#
# Listar archivos en R (basado en la funcion lsos())
#
lsos <- function(pos=1) {
napply <- function(nn, fn) sapply(nn, function(x) fn(get(x)))
nn <- ls(".GlobalEnv")
clase <- napply(nn, function(x) as.character(class(x))[1])
modo <- napply(nn, modo)
tipo <- ifelse(is.na(clase), modo, clase)
out <- data.frame(nn, tipo, stringsAsFactors =F)
n2 <- out["tipo"]=="data.frame" | out["tipo"]=="matrix"
out["nn"][n2]
}
#
# leer archivos -----
#
leer.archivos <- function() {
if (tclvalue(icar)=="1") { # Datos ya cargados
print(bt.lit[20,]) # ERROR datos ya cargados
return()
}
if (tclvalue(bt.leer)=="1") leer.excel()
else if (tclvalue(bt.leer)=="2") leer.df()
else if (tclvalue(bt.leer)=="3") leer.txt()

```

```

else leer.clipboard()
#CODIFICAR: Si no seleccion: break.
tkconfigure(la, text=mens.leer, foreground="black", background="yellow2") # para
mostrar a pie de pagina
tk2tip(la, bt.lit[21,]) # Fichero cargado
cubo()
tclvalue(icar) <- "1" # indicador de datos cargados
}
# leer excel
#
leer.excel <- function() {
check if(l==2) b.x <- NULL # para evitar error en R CMD

file1<-tclvalue(tkgetOpenFile(filetypes = "{{Excel files} {.xls .xlsx}}"))
if (!length(file1)) return()
channel <- odbcConnectExcel2007(file1,readOnly = TRUE)
aa <- sqlTables(channel,errors=T)$TABLE_TYPE=="SYSTEM TABLE"
hojastabla <- sqlTables(channel,errors=T)$TABLE_NAME[aa]
hojastabla <- sub("$", "",hojastabla,fixed=T) # quita caracter
whoja <- tktoplevel()
tkwm.title(whoja, bt.lit[22,]) # Selecciona
t1 <- tk2listbox(whoja, height = min(length(hojastabla),15),
"white") values=hojastabla, selectmode = "browse",background =

tkpack(tk2label(whoja, text = bt.lit[23,]) # Selecciona tabla
tkpack(t1)
tkselection.set(t1, 0)
OnOK <- function() {
bt.hoja <- hojastabla[as.numeric(tkcurselection(t1)) + 1]
b.x <- sqlFetch(channel, bt.hoja)
mens.leer <- bt.hoja
odbcClose(channel)
tkdestroy(whoja)
}
OK.but <- tk2button(whoja, text=bt.lit[25,], command=OnOK) # OK
tkpack(OK.but)
tkfocus(whoja)
tkwait.window(whoja)
}
# leer dataframe
#
leer.df <- function() {
check if(l==2) b.x <- b.x # para evitar error en R CMD

h0 <- lsos()
t0 <- tktoplevel()
tkwm.title(t0, bt.lit[22,]) # Selecciona
t1 <- tk2listbox(t0, height = min(length(h0),15),
"white") values=h0, selectmode = "browse",background = "white")
tkgrid(tk2label(t0, text=bt.lit[24,]) # Selecciona objeto
tkgrid(t1)
tkselection.set(t1,0)
OnOK <- function() {
bt.h1 <- h0[as.numeric(tkcurselection(t1)) + 1]
b.x <- get(bt.h1)
mens.leer <- bt.h1
tkdestroy(t0)
}
OK.but <- tk2button(t0, text=bt.lit[25,], command=OnOK) # OK
tkgrid(OK.but)
tkfocus(t0)
tkwait.window(t0)
}
# leer txt
#
leer.txt <- function(){
b.x <- NULL
mens.leer <- tclvalue(tkgetOpenFile(filetypes = "{{Text files} {.txt}}"))
if (!length(mens.leer)) return()
dato=read.table(mens.leer, header=T)
b.x <- as.data.frame(dato)
}
# leer clipboard
#

```

```

leer.clipboard <- function() {
  b.x <- NULL
  mens.leer <- bt.lit[26,]          # Portapapeles
  b.x <- read.table("clipboard",header=T)
}

#
#   Generacion del cubo de 3 vias
#   fichero de entrada b.x
cubo <- function() {
  # variable de etiquetas y referencia:
  #   panel de datos - para generar el cubo
  b.x <- b.x                        # para evitar
error en R CMD check
  fr12 <- tk2frame(fr.d2,relief="raised", borderwidth=2,padding="2")
  fr12.2 <- tk2frame(fr12)
  fr12.3 <- tk2frame(fr12)
  vari <- colnames(b.x)
  tclvalue(veti) <- colnames(b.x)[[1]] # valor inicial a mostrar
  tclvalue(vsit) <- colnames(b.x)[[2]] # valor inicial a mostrar
  bt.cubo.b <- tk2button(fr12,text=bt.lit[27,], command=cubo.gen) #
Generar matrices
  tkpack(tk2label(fr12.2,
text=bt.lit[28,],background="lightyellow",width=10), # Etiquetas

  tk2combobox(fr12.2,values=vari,textvariable=veti,width=10),side="left")
  tk2tip(fr12.2,bt.lit[29,]) # Variable que tiene
las etiquetas
  if (tclvalue(i3v)=="1") {

  tkpack(tk2label(fr12.3,text=bt.lit[30,],background="lightyellow",width=10),
# Situaciones

  tk2combobox(fr12.3,values=vari,textvariable=vsit,width=10),side="left")
  tk2tip(fr12.3, bt.lit[31,]) } # Variable que tiene
las situaciones
  # los valores seleccionados se recogen al pulsar el boton
  tkpack(fr12.2, fr12.3, side="top")
  tkpack(fr12, bt.cubo.b)
}

cubo.gen <- function() {
  ifelse (tclvalue(i3v)=="1", cubo3(), cubo2())
  tkconfigure(bt.cubo.b,state="disable")
  formato()
  llena.lbr() # Llamada a la funcion
seleccion de variables
  VeOpciones ()
  tk2notetab.select(nb,bt.lit[5,]) # Variables
}

cubo2 <- function() {
  b.x <- b.x # para evitar
error en R CMD check
  ve <- tclvalue(veti)
  # elimino la columna de etiquetas
  b.x2 <- b.x[colnames(b.x)!=ve] # provisional para
etiquetas
  colnames(b.x2) <- colnames(b.x[colnames(b.x)!=ve])
  rownames(b.x2) <- t(b.x[colnames(b.x)==ve])
}

cubo3 <- function() {
  b.x <- b.x # para evitar
error en R CMD check
  ve <- tclvalue(veti)
  vs <- tclvalue(vsit)
  bt.nl <- length(levels(as.factor(b.x[[vs]])))
  bt.leve <- levels(as.factor(b.x[[vs]]))
  tclvalue(vref) <- max(bt.leve)
  bt.t <- max(bt.leve) # Referencia provisional hasta seleccionarla
  # elimino las columnas de etiquetas y situaciones
  bt.x <- b.x[sapply(b.x,is.numeric)] # solo datos numericos
  bt.x3 <- array(0,c(nrow(b.x)/bt.nl,ncol(bt.x),bt.nl))
  # carga la via 3

```

```

for (k in 1:bt.nl) bt.x3[,k] <-
as.matrix(subset(bt.x,b.x[vs]==bt.leve[k]))
#
#   etiqueta el cubo
colnames(bt.x3) <- colnames(bt.x)
rownames(bt.x3) <- b.x[ve][b.x[vs]==bt.t]
dimnames(bt.x3)[[3]] <- bt.leve
#   Chequeamos trayectorias nulas:
#   filas
for (i in 1:nrow(bt.x3[, ,1])) {
  tmp1 <- bt.x3[i, ,]
  tmp2 <- apply(abs(tmp1),1,sum)
  for (j in 1:length(tmp2))
    if (tmp2[j]==0) {bt.x3[i,j,1]<-0.1
  print(bt.lit[32,])} # AVISO: una fila tiene todos
0. Se pone 0.1 a una celda
}
#   columnas
for (i in 1:ncol(bt.x3[, ,1])) {
  tmp1 <- bt.x3[, i, ]
  tmp2 <- apply(abs(tmp1),1,sum)
  for (j in 1:length(tmp2))
    if (tmp2[j]==0) {bt.x3[i,j,1]<-0.1
  print(bt.lit[33,])} # AVISO: una columna tiene
todos 0. Se pone 0.1 a una celda
}
#
b.x3 <- bt.x3
b.x2 <- bt.x3[, ,bt.t] # carga provisional para etiquetas
}
#
#   Formato de individuos, variables y ocasiones
#
#   Data Frame de formato: bt.fx, bt.fy
#   2 dimensiones, x,y.
#   Todas con las mismas columnas:
#   Etiqueta: eti
#   Color eti: ecol
#   Simbolo: pch
#   Tipo linea: lty
#   Grosor linea: lwd
#   Posicion: pos
#   color trayect.: tcol
#   Se pinta: type
#   Inercia del plano: ine se modifica en run
#   mostrar variable: inl se modifica en run

formato <- function() {
  if (tclvalue(efd)==1) return() # Termina la funcion

  if (tclvalue(ifo)==1) { # chequear formatos
leidos
    if (nrow(b.x2)!=nrow(b.fx)) {print(bt.lit[122,]) # ERROR:
formato filas
    tclvalue(ifo) <- "0" # reset
para dar formato
    print(paste(nrow(b.x2),"!=",nrow(b.fx)))
}
formato columnas
    if (ncol(b.x2)!=nrow(b.fy)) {print(bt.lit[123,]) # ERROR:
para dar formato
    tclvalue(ifo) <- "0" # reset
    print(paste(ncol(b.x2),"!=",nrow(b.fy)))
}
}
#   Inicializacion de los data frame de formatos
else { # No
cargamos formato desde archivo
  if (l==2) b.fx <- b.fy <- NULL # para evitar error en
R CMD check
  b.fx <-
data.frame(eti=rownames(b.x2), ecol="#0000ff", pch=16, lty=1, lwd=1,

```

```

                                pos=2,tcol="#0000ff",type=1,
stringsAsFactors = F)
                                rownames(b.fx) <- rownames(b.x2)
                                b.fy
                                <-
data.frame(eti=colnames(b.x2),ecol="#000000",pch=18,lty=1,lwd=2,
                                pos=2,tcol="#000000",type=1,
stringsAsFactors = F)
                                rownames(b.fy) <- colnames(b.x2)
                                }

                                # Formato de datos
                                row0.frm <- tk2frame(tbl,relief="sunken",padding="2")
                                tkpack(tk2label(row0.frm,text=bt.lit[34,],
                                background="lightyellow"),fill="x") # Editar

formatos

                                b.x <- b.x
                                # para evitar error en R CMD check
                                row.erow <- function()fix(b.fx)
                                row.ecol <- function()fix(b.fy)
                                row.b <- tk2frame(row0.frm, relief="sunken")
                                row.b1 <- tk2button(row.b,text=bt.lit[10,], command=row.erow) #

Individuos
                                row.b2 <- tk2button(row.b,text=bt.lit[5,], command=row.ecol) #

Variables

                                tkpack(row.b1,row.b2, side="left")
                                tkpack(row0.frm,row.b, side="bottom")
                                tclvalue(ifd) <- "1"
                                }

                                # llenado de listBox
                                # salida: bt.hr, bt.hc = lista de variables seleccionadas
                                #
                                llena.lbr <- function() {

                                # Carga de iconos
                                all.img <- tkimage.create("photo", data=icon.all)
                                none.img <- tkimage.create("photo", data=icon.none)
                                ok.img <- tkimage.create("photo", data=icon.ok)
                                # Seleccion de filas
                                row.frm <- tk2frame(fr.a1, relief="sunken",padding="2")
                                row1.frm <- tk2frame(row.frm, relief="sunken",padding="2")
                                row0 <- paste(1:nrow(b.x2), " - ", rownames(b.x2))
                                lbr <- tk2listbox(row1.frm, values=row0, height = 16,
                                selectmode = "extended", scroll = "y",autoscroll = "y")
                                tkpack(tk2label(row.frm,text=bt.lit[37,],background="lightcyan" #

Selecciona filas
                                ,tip=bt.lit[38,]),fill="x") # Marca las
filas que quieras

                                row.nada <- function(){tkselection.clear(lbr,0,length(row0)-1)}
                                row.todo <- function(){tkselection.set(lbr,0,length(row0)-1)}
                                row.b <- tk2frame(row.frm, relief="sunken")
                                row.b1 <- tk2button(row.b, tip=bt.lit[39,], text = "None", # Quita

todas
                                image=none.img, command = row.nada)
                                row.b2 <- tk2button(row.b, text = "All", tip=bt.lit[40,], # Marca todas
                                image=all.img, command = row.todo)

                                tkpack(lbr,fill="y", side="left")
                                tkpack(row.b1,row.b2, side="left")
                                tkpack(row1.frm,row.b,row.frm)

                                # Seleccion de columnas
                                col.frm <- tk2frame(fr.a2, relief="sunken",padding="2")
                                col1.frm <- tk2frame(col.frm, relief="sunken",padding="2")
                                col0 <- paste(1:ncol(b.x2), " - ", colnames(b.x2))
                                lbc <- tk2listbox(col1.frm, values=col0, height = 16,
                                selectmode = "extended", scroll = "y",autoscroll = "y")
                                tkpack(tk2label(col.frm,text=bt.lit[41,],background="lightcyan" #

Selecciona columnas
                                ,tip=bt.lit[42,]),fill="x") # Marca las variables

```



```

col.nada <- function(){tkselection.clear(lbc,0,length(col0)-1)}
col.todo <- function(){tkselection.set(lbc,0,length(col0)-1)}
col.sel <- function() {bt.hc <- as.numeric(tkcurselection(lbc)) + 1
                                     bt.hr
                                     <<-
as.numeric(tkcurselection(lbr)) + 1
# Validacion de elementos marcados:
seleccionadas if (length(bt.hr)==0) {print(bt.lit[43,]) # ERROR: filas no
                                                         return()}
seleccionadas if (length(bt.hc)==0) {print(bt.lit[44,]) # ERROR: columnas no
                                                         return()}
ERROR: filas < columnas if (length(bt.hr)<length(bt.hc)) {print(bt.lit[121,]) #
                                                         return()}
tkconfigure(tb4.cb0,values= c(2:length(bt.hc)))
tkconfigure(tb4.cb1,values= c(1:(length(bt.hc)-1)))
tkconfigure(tb4.cb2,values= c(2:length(bt.hc)))

tkconfigure(run.but,state="normal")
tk2notetab.select(nb,bt.lit[6,]) # Analisis
if (tclvalue(isd)!="1") {panel4.1() # opciones del
                           tclvalue(isd) <- "1"} # ya mostrado
panel
### la captura de los valores se hace en el boton 'Run Biplot'
###
}
col.b <- tk2frame(col.frm, relief="sunken")
col.b1 <- tk2button(col.b,tip=bt.lit[39,],text = "None", # Quita todas
                  image=none.img, command = col.nada)
todas col.b2 <- tk2button(col.b,tip=bt.lit[40,],text = "All", # Marca
                        image=all.img, command = col.todo)
bok <- tk2button(tb3, tip=bt.lit[25,],text = "OK", # OK
                command = col.sel)

tkpack(lbc,fill="y", side="left")
tkpack(col.b1,col.b2, side="left")
tkpack(col1.frm,col.b,col.frm)
tkpack(row.frm,col.frm, side="left", fill="y",expand=TRUE)
tkpack(bok)
}

# =====
# Analisis Biplot <<<<<<<-----
# datos de entrada: b.x2

run.biplot <- function() {
# captura ejes y plano
error en R CMD check b.fx <- b.fx # para evitar
error en R CMD check b.fy <- b.fy # para evitar
nejes <- as.numeric(tclvalue(neje))
dim1 <- as.numeric(tclvalue(di1))
dim2 <- as.numeric(tclvalue(di2))
if (tclvalue(i3v)=="1") {bt.t <- tclvalue(vref)
                        b.x2 <- b.x3[,bt.t] }
seleccionados bt.x2 <- b.x2[bt.hr,bt.hc] # Datos seleccionados para analizar
bt.fyg <- b.fy[bt.hr,] # formatos de datos

bt.fyg <- b.fy[bt.hc,]
# 3 vias
if (tclvalue(i3v)=="1") bt.x3 <- b.x3[bt.hr,bt.hc,]

# Calculo de medias y sd para estandarizacion
bt.x2m <- apply(bt.x2,2,mean) # media de matriz de referencia
bt.x2sd <- apply(bt.x2,2,sd) # sd de matriz de referencia
if (tclvalue(i3v)=="1") {
  if (tclvalue(iref)=="2") { # iref 1,2,3 = 1,2,3 vias
    bt.x2m <- apply(bt.x3,2,mean) # media del filete
    # bt.x2sd <- apply(bt.x3,2,sd) # sd global
DA ERROR
bt.x2sd <- bt.x2m # prepara estructura

```

```

sd(as.vector(bt.x3[,i]))      for (i in 1:ncol(bt.x3))      bt.x2sd[i]      <-
}      else {
      if (tclvalue(iref)=="3") {      # media del cubo
      bt.x2m[] <- mean(bt.x3)
      bt.x2sd[] <- sd(bt.x3)
      }
}
}

# si biplot con todos los datos:
if (tclvalue(ibg)=="1") {
  bt.x2 <- bt.x3[,1]
  for(i in 2:bt.nl) bt.x2 <- rbind(bt.x2, bt.x3[,i])
  temp <- NULL
  for(i in 1:bt.nl) {temp1 <-
rep(dimnames(b.x3)[[3]][i], length(bt.hr))
temp <- c(temp, temp1)}
  rownames(bt.x2) <- paste(bt.fyg$eti, temp, sep="")
  for(i in 2:bt.nl) bt.fyg <- rbind(bt.fyg, b.fx[bt.hr,])
  bt.fyg$eti <- rownames(bt.x2)
}
label.ejes <- paste(bt.lit[45,], 1:ncol(bt.x2), sep = "") # Eje
bt.c <- as.numeric(tclvalue(icen))
bt.e <- as.numeric(tclvalue(iesc))
if (bt.c != 1) bt.x2m[] <- 0
if (bt.e != 1) bt.x2sd[] <- 1

bt.xce <- scale(bt.x2, bt.x2m, bt.x2sd)
bt.svd <- svd(bt.xce)
bt.U <- bt.svd$u
bt.V <- bt.svd$v
bt.D <- diag(bt.svd$d)
#
if (tclvalue(tb)=="2") biplot.gh()
else if (tclvalue(tb)=="3") biplot.jk()
else biplot.hj()
#
dimnames(bt.a) <- list(bt.fyg$eti, label.ejes[1:ncol(bt.x2)])
dimnames(bt.b) <- list(bt.fyg$eti, label.ejes[1:ncol(bt.x2)])

# Trayectorias:
if (tclvalue(i3v)=="1") {
matriz de trayectorias      bt.zc <- array(, c(bt.nl, length(bt.hc), ncol(bt.x2))) #inicializamos
matriz de trayectorias      bt.zr <- array(, c(bt.nl, length(bt.hc), nrow(bt.x2))) #inicializamos
matriz de trayectorias      bt.r2c <- array(, c(ncol(bt.x2), bt.nl)) #inicializamos
matriz de R2      bt.Fc <- bt.Prc <- bt.r2c # matriz anova
F, p-value      bt.r2r <- array(, c(nrow(bt.x2), bt.nl)) #inicializamos
matriz de R2
# solo si no global
if (tclvalue(ibg)!="1") {
de variables      for (i in 1:length(bt.hc)) tray(i) # Trayectorias
de individuos      for (i in 1:length(bt.hr)) trax(i) # Trayectoria
list(bt.leve, label.ejes[1:ncol(bt.x2)], colnames(bt.x2)) <-
dimnames(bt.zc)
list(bt.leve, label.ejes[1:ncol(bt.x2)], rownames(bt.x2)) <-
dimnames(bt.zr)
dimnames(bt.r2c) <- list(colnames(bt.x2), bt.leve)
dimnames(bt.Fc) <- dimnames(bt.Prc) <- dimnames(bt.r2c)
dimnames(bt.r2r) <- list(rownames(bt.x2), bt.leve)
}
}
# Funcion de resultados numericos
Resultados () # crea la
matriz con los resultados
tkconfigure(res.but, state="normal") # Habilita boton de resultados
# Funcion de dibujar
plotBiplot ()
}

```

```

#
#      analisis HJ
biplot.hj <- function() {
  bt.a <- bt.U %**% bt.D
  bt.b <- bt.V %**% bt.D
}
#
#      analisis GH
biplot.gh <- function() { # Revisar todo si
dejamos PCA
  if (tclvalue(ipca)=="1") {
    bt.a <- bt.U * sqrt(nrow(bt.xce) - 1) # PCA
    bt.b <- bt.V %**% bt.D / sqrt(nrow(bt.xce) - 1)}
  else {
    bt.a <- bt.U
    bt.b <- bt.V %**% bt.D
  }
}
#
#      analisis JK
biplot.jk <- function() {
  bt.a <- bt.U %**% bt.D
  bt.b <- bt.V
}
#
#      Trayectorias
#
#      Para variables:
#      Entrada: Numero de variable a dibujar
#
tray <- function(v) {
p-value      lmp <- function (xx) { # funcion para
  f <- summary(xx)$fstatistic
  p <- pf(f[1],f[2],f[3],lower.tail=F)
  attributes(p) <- NULL
  return(p)
}
  hj <- tclvalue(tb)
  va <- colnames(bt.x2)[v]
  x <- bt.x3[,va,]
  A <- bt.a
  tmp1 <- bt.x2m[va]
  tmp2 <- bt.x2sd[va]
  x2 <- scale(x,rep(tmp1,ncol(x)),rep(tmp2,ncol(x)))
  Z <- t(solve(t(A) %**% A) %**% t(A) %**% x2)
  if (hj=="1") Z <- Z %**% bt.D # reescalado de HJ
  bt.zc[,v] <- Z
  reg <- apply(x2,2,function(x) lm(x~A[,c(dim1,dim2)]))
  bt.r2c[v,] <- sapply(reg, function(x) summary.lm(x)$r.squared)
# todos los R2 de la variable
  bt.Fc[v,] <- sapply(reg, function(x) summary.lm(x)$fstatistic)[1,]
# estadistico F
  bt.Prc[v,] <- sapply(reg, function(x) lmp(x)) # p-
valor de F
}
#      Para individuos
#      Entrada: Numero de individuo a dibujar
#
trax <- function(v) {
  hj <- tclvalue(tb)
  va <- rownames(bt.x2)[v]
  x <- t(bt.x3[va,,])
  x2 <- matrix(bt.n1,ncol(bt.x3))
  B <- bt.b
  x2 <- scale((x),bt.x2m,bt.x2sd) # siempre con
la referencia
  Z <- t(solve(t(B) %**% B) %**% t(B) %**% t(x2)) # traspuesta de x2
  if (hj=="1") Z <- Z %**% bt.D #
reescalado de HJ
  bt.zr[,v] <- Z
}
#
# =====
# Construye la matriz de resultados

```

```

#
Resultados <- function()
{
#   Se guardan los datos integros. Los redondeos a la hora de mostrarlos.
  vartotal <- sum(bt.svd$d^2)
  bt.varexpl <- (bt.svd$d^2/vartotal) *100
  sc.a <- rowSums(bt.a^2)
  CRFE.a <- round(((bt.a^2) * 1000)/sc.a,0)
  sc.b <- rowSums(bt.b^2)
  CRFE.b <- round(((bt.b^2) * 1000)/ sc.b,0)

  bt.res.vp <- cbind(bt.svd$d, bt.varexpl, cumsum(bt.varexpl))      # poner
etiqueta

  bt.res.a <- bt.a[,1:nejes]      # coordenadas de filas
  bt.res.b <- bt.b[,1:nejes]      # coordenadas de columnas
  bt.res.cr <- CRFE.a[,1:nejes]    # contribuciones de filas
  bt.res.cc <- CRFE.b[,1:nejes]    # contribuciones de columnas
  if (tclvalue(i3v)=="1" & tclvalue(ibg)!="1") {
    bt.res.ty <- round(bt.zc[,1:nejes,],3)
    bt.res.tx <- round(bt.zr[,1:nejes,],3)
    bt.res.r2y <- round(bt.r2c,4)
    bt.res.Fy <- round(bt.Fc,3)
    bt.res.Pry <- round(bt.Prc,4)
  }
}

#
# =====
# Funcion fichero de resultados
#
#   Mostrar los resultados
#
ShowRes <- function()
{
  cat(bt.lit[2,], "\n", file = "Results.txt")
#cabecera: Biplot Dinamico
  if(tclvalue(icen)==1) cat (bt.lit[46,],file="Results.txt", append=TRUE)
# Centrado
    else cat(bt.lit[47,], file="Results.txt", append=TRUE)
# No centrado
  if (tclvalue(iesc)==1) cat(bt.lit[48,],"\n", file="Results.txt",
append=TRUE) # Escalado
    else cat(bt.lit[49,],"\n", file="Results.txt", append=TRUE)
# No escalado.
  if (tclvalue(tb)=="2") cat("GH Biplot","\n",
file="Results.txt", append=TRUE)
  else if (tclvalue(tb)=="3") cat("JK Biplot","\n",
file="Results.txt", append=TRUE)
  else cat("HJ Biplot","\n", file="Results.txt",
append=TRUE)

  if (tclvalue(i3v)=="1")
cat(bt.lit[50,],bt.t,"\n","\n",file="Results.txt",append=TRUE) # Referencia
# varianza
cat(bt.lit[51,],"\n", file="Results.txt", append=TRUE) #valores propios
cabl <- c(bt.lit[52,], bt.lit[53,], bt.lit[54,]) # vp, var, acum
write.table(cbind(round(bt.svd$d,3),round(bt.varexpl,3),
round(cumsum(bt.varexpl),3)),
file="Results.txt",quote=FALSE,sep="\t",dec=",",
append=TRUE, col.names=cabl)
# coordenadas
cat("\n",bt.lit[55,],"\n", file="Results.txt",append=TRUE) #coordenadas
filas
write.table(round(bt.a[,1:nejes],3),file="Results.txt",quote=FALSE,
sep="\t",dec=",", append=TRUE)
cat("\n",bt.lit[56,],"\n",file="Results.txt",append=TRUE) #coordenadas
columnas
write.table(round(bt.b[,1:nejes],3),file="Results.txt",quote=FALSE,
sep="\t",dec=",",append=TRUE)
cat("\n",file="Results.txt",append=TRUE)
# contribuciones
cat(bt.lit[57,],"\n",file="Results.txt",append=TRUE) # contribuc.
relativas
cat(bt.lit[58,],"\n",file="Results.txt",append=TRUE) # contribuciones filas

```

```

write.table(bt.res.cr,file="Results.txt",quote=FALSE,sep="\t",dec=",",append=TRUE)
  cat(bt.lit[59,],"\n",file="Results.txt",append=TRUE) #contribuciones
columnas

write.table(bt.res.cc,file="Results.txt",quote=FALSE,sep="\t",dec=",",append=TRUE)
  # Trayectorias
  if (tclvalue(i3v)==1 & tclvalue(ibg)!=1) {
    cat("\n",file="Results.txt",append=TRUE)
    cat(bt.lit[60,],"\n", file="Results.txt", append=TRUE)      #
Coordenadas de las TRAYECTORIAS
  #      variables
  for (i in 1:dim(bt.res.ty)[3]) {
    cat("\n",bt.lit[61,],colnames(bt.x2)[i],"\n",
file="Results.txt",append=TRUE)      # Variable

    write.table(bt.res.ty[, ,i],file="Results.txt",quote=FALSE,sep="\t",
dec=",", append=TRUE, col.names=TRUE,row.names=TRUE)
  }
  #      individuos
  for (i in 1:dim(bt.res.tx)[3]) {

cat("\n",bt.lit[62,],rownames(bt.x2)[i],"\n",file="Results.txt",append=TRUE)
# Individuo

write.table(bt.res.tx[, ,i],file="Results.txt",quote=FALSE,sep="\t",
dec=",", append=TRUE, col.names=TRUE,row.names=TRUE)
  }
  cat("\n",paste(bt.lit[124,],dim1,"-",dim2,sep=""),sep="",
"\n",file="Results.txt",append=TRUE)      #      R2      -
columnas, plano

write.table(bt.res.r2y,file="Results.txt",quote=FALSE,sep="\t",dec=",",append=TRU
E)
  cat("\n",paste(bt.lit[127,],dim1,"-",dim2,sep=""),sep="",
"\n",file="Results.txt",append=TRUE)      # F anova

write.table(bt.res.Fy,file="Results.txt",quote=FALSE,sep="\t",dec=",",append=TRUE
)
  cat("\n",paste(bt.lit[128,],dim1,"-",dim2,sep=""),sep="",
"\n",file="Results.txt",append=TRUE)      # p-valor de F
  write.table(bt.res.Pry,file="Results.txt",
quote=FALSE,sep="\t",dec=",",append=TRUE)
  }
  file.show("Results.txt", title=bt.lit[63,]) # Biplot Dinamico - Resultados
}
#
#   Funcion de opciones de grafico
#
VeOpciones <- function()
{
if (l==2) b.fx <- b.fy <- NULL      # para evitar error en R CMD check
#   Titulos
frf1 <- tk2frame(fr.f2,borderwidth=1)
frf2 <- tk2frame(fr.f2,borderwidth=1)
tkpack(tk2checkboxbutton(frf1,variable=it1,tip=bt.lit[110,]),      # Mostrar
tk2label(frf1,text=bt.lit[64,], width="11"),      # Titulo
tk2entry(frf1, width="40", textvariable=vtit), side="left")
tkpack(tk2checkboxbutton(frf2,variable=it2,tip=bt.lit[110,]),      # Mostrar
tk2label(frf2,text=bt.lit[65,], width="11"),      # Subtitulo
tk2entry(frf2, width="40", textvariable=vsub), side="left")
tkpack(frf1, side="top")
# if (tclvalue(i3v)==0) tkpack(frf2)
tkpack(frf2)

#   Para formato de datos
#   Solapa individuos tb1
ff21 <- tk2frame(tb21, relief="sunken",padding="2")
tkpack(ff21,fill="x", expand=0)
tkpack(ttklabel(ff21, text=bt.lit[69,],      # Selecciona filas
background="peachpuff"),fill="x")

ff21.lb2 <- tk2listbox(ff21, values=b.fx$eti, height = 10,
tip=bt.lit[66,],      # Puedes seleccionar mas de 1

```

```

        selectmode = "extended",
        scroll = "y",autoscroll = "y")
tkpack(ff21.lb2,fill="x")

sel.boton <- function () {
    tclvalue(vf) <- "1" # filas
    tmp1b <- as.numeric(tkcurselection(ff21.lb2)) + 1
    bt.fx <- b.fx
    bt.tf <- b.fx[tmp1b,]
    Formatos(bt.tf)
}
tb21.but <- tk2button(ff21,text=bt.lit[67,],command=sel.boton) # Seleccionar
tk2tip(tb21.but, bt.lit[68,]) # Marca fila y selecciona
tkpack(tb21.but)
Formatos1()

# Solapa variables tb2
ff22 <- tk2frame(tb22, relief="sunken",padding="2")
tkpack(ff22,fill="x", expand=0)
tkpack(tk2label(ff22, text=bt.lit[69,], # Selecciona filas
background="peachpuff"),fill="x")

ff22.lb2 <- tk2listbox(ff22, values=b.fy$eti, height = 10,
tip=bt.lit[66,], # Puedes seleccionar mas de 1
selectmode = "extended",
scroll = "y",autoscroll = "y")
tkpack(ff22.lb2,fill="x")

sel2.boton <- function () {
    # b.fy <- NULL # para evitar error en R CMD
    tclvalue(vf) <- "2" # columnas
    tmp1b <- as.numeric(tkcurselection(ff22.lb2)) + 1

    bt.fx <- b.fy
    bt.tf <- b.fy[tmp1b,]
    Formatos(bt.tf)
}
tb22.but <- tk2button(ff22, text=bt.lit[67,],command=sel2.boton) # Selecciona
tk2tip(tb22.but, bt.lit[68,]) # Marca fila y selecciona
tkpack(tb22.but)

# Opciones grafico
# etiquetas
fr.o1 <- tk2frame(fr.s5,padding="2",relief="sunken")
tkpack(tk2label(fr.o1,text=bt.lit[70,],background="honeydew"), # Etiquetas
para filas
tk2checkboxbutton(fr.o1, variable=iety),
tk2label(fr.o1,text=bt.lit[71,],background="honeydew"), # para columnas
tk2checkboxbutton(fr.o1, variable=iety),
side="left")
fr.o2 <- tk2frame(fr.s5,padding="2",relief="flat")
fr.o3 <- tk2frame(fr.s5,padding="2",relief="flat")
# inercia
la1 <- tk2label(fr.o2,text=bt.lit[72,],width=15,background="honeydew") #
Inercia filas
sc1 <- tk2scale(fr.o2,tip=bt.lit[73,],from = 0, to = 1000, # filas
variable=vinx, length=200)
e41 <- tk2entry(fr.o2, textvariable=vinx, width=4)
tkpack(la1,sc1,e41, side="left", fill="x")
la2 <- tk2label(fr.o3,text=bt.lit[74,], width=15,background="honeydew") #
Inercia columnas
sc2 <- tk2scale(fr.o3,tip=bt.lit[75,],from = 0, to = 1000, # columnas
variable=viny, length=200)
e42 <- tk2entry(fr.o3, textvariable=viny, width=4)
tkpack(la2,sc2,e42, side="left", fill="x")
tkpack(fr.o1, fr.o2, fr.o3, side="top", fill="x")

# opciones de 3 vias
if (tclvalue(i3v)== "1") {
    fr27 <- tk2frame(fr.s4, relief="raised",padding="2")
    tkpack(tk2label(fr27, text=bt.lit[76,],background="palegreen"), #
Referencia
tk2combobox(fr27, values=bt.leve,textvariable=vref,width=8),

```

```

tk2label(fr27, text=bt.lit[77,],background="palegreen"), #
Biplot global
tk2checkboxbutton(fr27, variable=ibg),
side="left")
fr27.2 <- tk2frame(fr.s4, padding="2")
tkpack(tk2label(fr27.2, text=bt.lit[78,], width=15, # Trayectoria - filas
background="palegreen"),
tk2checkboxbutton(fr27.2, variable=itr),
tk2label(fr27.2,text=bt.lit[79,],background="palegreen"), #
columnas
tk2checkboxbutton(fr27.2, variable=itrc),
side="left", fill="x")
fr27.3 <- tk2frame(fr.s4, padding="2")
tkpack(tk2label(fr27.3, text=bt.lit[80,], width=15, # Etiquetas - filas
background="palegreen"),
tk2checkboxbutton(fr27.3, variable=ietzr),
tk2label(fr27.3,text=bt.lit[79,],background="palegreen"), #
columnas
tk2checkboxbutton(fr27.3, variable=ietzc),
side="left", fill="x")
tkpack(fr27, fr27.2, fr27.3, side="top")
}
#
# Funcion formato de datos
#
Formatos <- function (x) {
# Entrada: x = b.fx[i:j,] # todos los datos de formato
# Esta definido:
# b.fx
#
data.frame(eti=rownames(b.x2),ecol="#0000ff",pch=16,lwd=1,pos=2, <<-
# tcol="#0000ff",type=1, stringsAsFactors = F)

etil <- tclVar(x$eti[1])
if (nrow(x)!=1) tkconfigure(bt.en1,state="disable")
else { tkconfigure(bt.en1,textvariable=etil)
tkconfigure(bt.en1,state="enable") }
bt.micol <- x$ecol[1]
tkconfigure(bt.cv1,bg=x$ecol[1])
pch1 <- tclVar(x$pch[1])
tkconfigure(bt.cb1,textvariable=pch1)
lwd1 <- tclVar(x$lwd[1])
tkconfigure(bt.en2,textvariable=lwd1)
pos1 <- tclVar(x$pos[1])
tkconfigure(bt.cb2,textvariable=pos1)
bt.micol2 <- x$tcol[1]
tkconfigure(bt.cv2,bg=x$tcol[1])
tclvalue(imos) <- x$type[1]
tkconfigure(bt.ty1,variable=imos)
tkconfigure(bt.bu3,state="enable")
}

camb <- function () {
x <- bt.tf
b.fx <- b.fx # para evitar errores en R CMD
check
b.fy <- b.fy
if (nrow(x)==1) x$eti <- tclvalue(tkget(bt.en1))
x$ecol <- bt.micol
x$pch <- as.numeric(tkget(bt.cb1))
x$lwd <- tclvalue(tkget(bt.en2))
x$pos <- tclvalue(tkget(bt.cb2))
x$type <- tclvalue(imos)
if (tclvalue(i3v)=="1") x$tcol <- bt.micol2
rx <- rownames(x)
tbf <- t(bt.fx) # formatos de fila o
columna
tbf[,rx] <- t(x)
tmp <- as.data.frame(t(tbf), stringsAsFactors = F)
if (tclvalue(vf)=="1") b.fx <- tmp
else b.fy <- tmp
tkconfigure(bt.bu3,state="disable")
}

```

```

# Dibuja los campos la primera vez
# Para formato de datos
Formatos1 <- function ()
{
  # Solapa individuos tbl
  ff20 <- tk2frame(fr.f12, relief="sunken",padding="2")
  tkpack(ff20,fill="x", expand=0)
  ff21.2 <- tk2frame(ff20, relief="sunken",padding="2")
  ff21.3 <- tk2frame(ff20, relief="sunken",padding="2")
  tkpack(ff21.3,ff21.2,side="top",fill="x")
  bt.lf1 <-tk2labelframe(ff21.2,text=bt.lit[81,]) # Cambia formato
  bt.lf2 <-tk2labelframe(ff21.3,text=bt.lit[82,]) # Multiple
  tkpack(bt.lf1,bt.lf2, side="left",fill="x")

  fagr <- function() {
    b.x <- b.x # para evitar error en
R CMD check
    b.fx <- b.fx # para evitar error en R CMD
check
    if(iagr==1) { # para alternar el uso del
boton
      tkconfigure(eagr,values=sort(unique(b.x[[tclvalue(vagr)]])))
      tkconfigure(bagr,text="sel>")
      iagr <- 2
    } else {
      tmplb
rownames(b.x2)[b.x2[,tclvalue(vagr)]]=tclvalue(vag1) <-
      tkconfigure(bagr,text="<sel")
      iagr <- 1
      bt.fx <- b.fx
      bt.tf <- b.fx[tmplb,]
      tclvalue(vf) <- "1"
      Formatos(bt.tf)
    }
  }
  bagr <- tk2button(bt.lf2,text="<sel",command=fagr,width=4)
  eagr <- tk2combobox(bt.lf2,textvariable=vag1,width=7)
  tkpack(tk2label(bt.lf2,text=bt.lit[61,],width=7,background="peachpuff"),
# Variable
  tk2combobox(bt.lf2,values=colnames(b.x2),textvariable=vagr,width=5),
    bagr,eagr,side="left",fill="x")
  tk2tip(bt.lf2, bt.lit[83,]) # Variable de agrupacion

  # Frames para los campos
  fr1 <- tk2frame(bt.lf1)
  fr2 <- tk2frame(bt.lf1)
  fr3 <- tk2frame(bt.lf1)
  fr4 <- tk2frame(bt.lf1)
  fr5 <- tk2frame(bt.lf1)
  fr6 <- tk2frame(bt.lf1)
  fr7 <- tk2frame(bt.lf1)
  tkpack(fr1,fr2,fr3,fr4,fr5,fr6,fr7, side="top",fill="x")

  etil <- tclVar("")
  bt.en1 <- tk2entry(fr1,textvariable=etil,width="20")
  tkpack(tk2label(fr1,text=bt.lit[84,],width = 10,background="papayawhip"),
# Etiqueta
    bt.en1, side="left",fill="x")

  colb <- function () {
    bt.micol #<<-
tclvalue(tcl("tk_chooseColor",initialcolor="#0000ff"))
    tkconfigure(bt.cv1,bg=bt.micol)
  }

  bt.micol <- "#0000ff"
  bt.cv1 #<<-
tk2canvas(fr2,bg=bt.micol,width="20",height="20",relief="raised")
  cv1b <- tk2button(fr2, text="+", width = 1,command = colb)
  tkpack(tk2label(fr2,text=bt.lit[85,],width = 10,background="papayawhip"),
# Color
    bt.cv1, cv1b, side="left",fill="both")
  pch1 <- tclVar(16)

```



```

bt.cbb1 <- tk2combobox(fr3,values=0:25,width="3", textvariable=pch1)
tkpack(tk2label(fr3,text=bt.lit[86,],width = 10,background="papayawhip"),
# Forma
      bt.cbb1, side="left")

lwd1 <- tclVar(1)
bt.en2 <- tk2entry(fr4,textvariable=lwd1,width="4")
tkpack(tk2label(fr4,text=bt.lit[87,],width = 10,background="papayawhip"),
bt.en2, side="left") # Peso

pos1 <- tclVar(2)
bt.cbb2 <- tk2combobox(fr5,values=1:4,width="2", textvariable=pos1)
tkpack(tk2label(fr5,text=bt.lit[88,], tip="1-sur,2-o,3-n,4-e",
# Posicion
      width = 10,background="papayawhip"), bt.cbb2, side="left")

bt.typ1 <- tk2checkboxbutton(fr7, variable=imos)
tkpack(tk2label(fr7,text=bt.lit[89,],width = 10,background="papayawhip"),
# Mostrar
      bt.typ1, side="left")

bt.bu3 <- tk2button(bt.lf1, text=bt.lit[90,],width=8,      # Cambia
      command = camb )
tkconfigure(bt.bu3,state="disable")
tkpack(bt.bu3)

# Si datos de 3 vias, mostramos color de las trayectorias
col2b <- function () {
  bt.micol2
}
tclvalue(tcl("tk_chooseColor",initialcolor="#0000ff"))
tkconfigure(bt.cv2,bg=bt.micol2)
}
col2 <- "#0000ff"
bt.micol2 <- "#0000ff"
bt.cv2 <- tk2canvas(fr6,bg=col2,width="20",height="20",relief="raised")
cv2b <- tk2button(fr6, text="+", width=1,command = col2b)
if (tclvalue(i3v)==="1") {
  tkpack(tk2label(fr6,text=bt.lit[91,],width
10,background="papayawhip"), # Trayectoria
      bt.cv2, cv2b, side="left",fill="both")
}
}
#
# Funcion de ayuda
#
ayuda1 <- function() {
  topic <- "panelData_en" # por defecto ingles
  if(lang=="es") topic <- paste("panelData_",lang,sep="")
  print(help(topic))
}
ayuda2 <- function() {
  topic <- "panelFormat_en"
  if(lang=="es") topic <- paste("panelFormat_",lang,sep="")
  print(help(topic))
}
ayuda3 <- function() {
  topic <- "panelVariables_en"
  if(lang=="es") topic <- paste("panelVariables_",lang,sep="")
  print(help(topic))
}
ayuda4 <- function() {
  topic <- "panelAnalysis_en"
  if(lang=="es") topic <- paste("panelAnalysis_",lang,sep="")
  print(help(topic))
}
#
# Generacion de paneles
#
panell <- function()
{
  fr.d0 <-tk2labelframe(tbl,text=bt.lit[92,],relief="raised", #

```

Opcion

```

borderwidth=2,padding="2") # para
3 vias
fr.d1 <-tk2labelframe(tbl,text=bt.lit[93,]) # leer datos
tbl.t0 <- tk2frame(tbl)
tbl.t1 <- tk2label(tbl.t0,text=bt.lit[94,],background="yellow",width=50)
# Carga de datos
tbl.t2 <-
tk2button(tbl.t0,text="?",width=4,command=ayuda1,tip=bt.lit[103,]) # Ayuda
tkpack(tbl.t1, side="left", fill="x")
tkpack(tbl.t2, side="right")
tkpack(tbl.t0,fr.d0, fr.d1, fr.d2, side="top", fill="x")

fr11 <- tk2frame(fr.d0)
tkpack(tk2label(fr11,text=bt.lit[95,],background="lightyellow"), # Son
datos de 3 vias
tk2checkboxbutton(fr11, variable=i3v),
side="left",fill="both")
tk2tip(fr11, bt.lit[96,]) # Marca antes de buscar el fichero
fr10 <- tk2frame(fr.d0)
tkpack(tk2label(fr10,text=bt.lit[97,],background="lightyellow"), # Carga
formatos desde R
tk2checkboxbutton(fr10, variable=ifo), side="left")
tk2tip(fr10, bt.lit[98,]) # Archivo filas: b.fx \nArchivo columnas:
b.fy
#
fr1 <- tk2frame(fr.d1,relief="sunken",borderwidth=2,padding="2")
tkpack(tk2label(fr1,text=bt.lit[99,],background="lightyellow")) #
Selecciona tipo de fichero
if (.Platform$OS.type=="windows") tmp="enable"
else tmp="disable"
tkpack(tk2radiobutton(fr1, command=leer.archivos, text="Excel", # solo
windows
value=1,
variable=bt.leer,state=tmp),
tk2radiobutton(fr1, command=leer.archivos, text="R",
value=2, variable=bt.leer),
tk2radiobutton(fr1, command=leer.archivos, text="txt",
value=3, variable=bt.leer),
tk2radiobutton(fr1, command=leer.archivos,
text=bt.lit[100,], # portapapeles
value=4, variable=bt.leer),
side="left")
#
tkpack(fr11, fr10, fr1, side="top")
}

panel2 <- function()
{
sep1 <- tk2separator(tb2)
tb2.t0 <- tk2frame(tb2)
tb2.t1 <- tk2label(tb2.t0,text=bt.lit[101,],background="salmon",width=50)
# Formato de datos
tb2.t2 <-
tk2button(tb2.t0,text="?",width=4,command=ayuda2,tip=bt.lit[103,]) # Ayuda
tkpack(tb2.t1, side="left", fill="x")
tkpack(tb2.t2, side="right")
tkpack(tb2.t0, fr.f2, sep1, fr.f1, side="top", fill="x")
tkpack(fr.f11, fr.f12, side="left")
tkpack(nb2,fill="both")
}

panel3 <- function()
{
tb3.t0 <- tk2frame(tb3)
tb3.t1 <- tk2label(tb3.t0,text=bt.lit[102,],# Seleccion de filas y
columnas
background="lightblue",width=50)
topic <- "dynBiplot"
pkg_ref <- "dynBiplotGUI"
tb3.t2 <- tk2button(tb3.t0,text="?",width=4,
command=ayuda3,tip=bt.lit[103,]) # Ayuda
tkpack(tb3.t1, side="left", fill="x")
tkpack(tb3.t2, side="right")
tkpack(tb3.t0, fill="x")

```

```

tkpack(fr.a0,side="top")
tkpack(fr.a1, fr.a2, side="left")
}

panel4 <- function()
{
  tb4.t0 <- tk2frame(tb4)
  tb4.t1 <- tk2label(tb4.t0,text=bt.lit[104,],# Opciones de analisis
                    background="lightgreen",width=50)
  tb4.t2 <- tk2button(tb4.t0,text="?",width=4,command=ayuda4,tip="Ayuda")
  tkpack(tb4.t1, side="left", fill="x")
  tkpack(tb4.t2, side="right")
  tkpack(tb4.t0, fill="x")
}

panel4.1 <- function()
{
  #      panel 4 - para seleccion de salida
  #
  tkpack(fr.s1, fr.s2, fr.s3, fr.s5, fr.s4, side="top", fill="x")
  fr21 <- tk2frame(fr.s1,relief="groove", borderwidth=2,padding="2")
  tkpack(tk2label(fr21,text=bt.lit[105,],background="honeydew"), #
    Centrado
          tk2checkboxbutton(fr21, variable=icen), side="left")
  tkpack(tk2label(fr21,text=bt.lit[106,],background="honeydew"), #
    Escalado
          tk2checkboxbutton(fr21, variable=iesc), side="left")

  if (tclvalue(i3v)!=0)
    tkpack(tk2label(fr21,text=bt.lit[107,],background="palegreen"),
  # Sobre Ref
          tk2radiobutton(fr21,      text="1",      value=1,
    variable=iref),
          tk2radiobutton(fr21,      text="2",      value=2,
    variable=iref),
          tk2radiobutton(fr21,      text="3",      value=3,
    variable=iref), side="left")

  fr2 <- tk2frame(fr.s2,relief="sunken",borderwidth=2,padding="2")
  tkpack(tk2radiobutton(fr2, text="HJ", value=1, variable=tb),
        tk2radiobutton(fr2, text="GH", value=2, variable=tb),
        tk2radiobutton(fr2,      text="JK",      value=3,      variable=tb),
    side="left",fill="x")

  #      la captura de los valores se hace en el boton 'Biplot'.
  #
  tkpack(fr21)
  tkpack(fr2)

  #      Panel 4 - para la seleccion de ejes
  #      se dan valores iniciales hasta obtener los reales
  #      Seleccion de ejes y plano
  tkpack(tk2label(fr25,text=bt.lit[108,],background="honeydew"),   tb4.cb0,
    side="left") # Ejes
  tkpack(tk2label(fr25,text=bt.lit[109,],background="honeydew"),
    tb4.cb1,tb4.cb2, side="left") # Plano
  tkpack(tk2label(fr25,text=bt.lit[110,],background="honeydew"),
    tk2checkboxbutton(fr25, variable=ieje), side="left") # Mostrar
  tkpack(fr25)
}
#
#      Funciones de grafico
#
#      elementos para grafico
#      x = datos;      fx = formato de datos
#
Flechas <- function (x,fx){
  if (tclvalue(igx)==1) x[,1] <- -1*x[,1]      # rota eje x
  if (tclvalue(igy)==1) x[,2] <- -1*x[,2]      # rota eje y
  arrows(0,0, x[,1], x[,2],
        col=fx$ecol,length=0.1,angle=30,lty=as.numeric(fx$lty),lwd=fx$lwd)
}
Textoc <- function (x,fx) {
  if (tclvalue(igx)==1) x[,1] <- -1*x[,1]      # rota eje x

```

```

        if (tclvalue(igy)==1) x[,2] <- -1*x[,2]           # rota eje y
        text(x[,1], x[,2], labels=fx$eti, col=fx$ecol,
             cex=0.7, pos=fx$pos)
    }
    Textor <- function (x,fx) {
        if (tclvalue(igx)==1) x[,1] <- -1*x[,1]         # rota eje x
        if (tclvalue(igy)==1) x[,2] <- -1*x[,2]         # rota eje y
        x <- as.numeric(tclvalue(vesc))* x              # reescala x
        text(x[,1], x[,2], labels=fx$eti, col=fx$ecol,
             cex=0.7, pos=fx$pos)
    }
    Puntos <- function (x,fx) {
        if (tclvalue(igx)==1) x[,1] <- -1*x[,1]         # rota eje x
        if (tclvalue(igy)==1) x[,2] <- -1*x[,2]         # rota eje y
        x <- as.numeric(tclvalue(vesc))* x              # reescala x
        points(x[,1], x[,2], col=fx$ecol,
              cex=.7, pch=as.numeric(fx$pch))
    }
    Trayectc <- function (x,fx) {
        if (tclvalue(igx)==1) x[,1] <- -1*x[,1]         # rota eje x
        if (tclvalue(igy)==1) x[,2] <- -1*x[,2]         # rota eje y
        lines(x[,1], x[,2], col=fx$tccl, lty="dotted",
             cex=.5, type="o")
    }
    Trayectr <- function (x,fx) {
        if (tclvalue(igx)==1) x[,1] <- -1*x[,1]         # rota eje x
        if (tclvalue(igy)==1) x[,2] <- -1*x[,2]         # rota eje y
        x <- as.numeric(tclvalue(vesc))* x              # reescala x
        lines(x[,1], x[,2], col=fx$tccl, lty="dotted",
             cex=.5, type="o")
    }
    Textotc <- function (x,fx,e) {
        if (tclvalue(igx)==1) x[,1] <- -1*x[,1]         # rota eje x
        if (tclvalue(igy)==1) x[,2] <- -1*x[,2]         # rota eje y
        text(x[,1], x[,2], labels=paste(e,rownames(x),sep=""),
             col=fx$tccl,cex=0.6, pos=3)
    }
    Textotr <- function (x,fx,e) {
        if (tclvalue(igx)==1) x[,1] <- -1*x[,1]         # rota eje x
        if (tclvalue(igy)==1) x[,2] <- -1*x[,2]         # rota eje y
        x <- as.numeric(tclvalue(vesc))* x              # reescala x
        text(x[,1], x[,2], labels=paste(e,rownames(x),sep=""),
             col=fx$tccl,cex=0.6, pos=3)
    }
}
#      dibujo biplot
#
plotBiplot1 <- function(screen = TRUE)
{
    if (tclvalue(it1)==1) wintitle <- tclvalue(vtit)
    else {wintitle <- NULL
          tmp <- par("mar")
          tmp[3] <- 1
          par(mar=tmp)
        }
    col.title <- "black"
    background <- "white"
    params <- par(bg="white")
    col.col <- "black"
    col.row <- "blue"

    if (tclvalue(it2)==1)
        if (tclvalue(i3v)==1" & tclvalue(ibg)!=1") subtítulo <-
paste("Ref.: ",bt.t)
        else subtítulo <- tclvalue(vsub)
    else {subtítulo <- NULL
          tmp <- par("mar")
          tmp[1] <- 4
          par(mar=tmp)
        }
    plot(bt.a, main = wintitle, type = "n",
         col.main = col.title, family="sans",
         font.main=4,
         sub=subtítulo, col.sub=col.title, cex.sub=0.8, cex.lab=.8,

```

```

        xlab=paste(label.ejes[dim1],":
",round(bt.varexpl[dim1],2),"%",sep=" "),
        ylab=paste(label.ejes[dim2],":   ",round(bt.varexpl[dim2],2),"%",sep="
"),
        xlim=bt.limx1 * 1.1,          # incremento 10%
        ylim=bt.limy1 * 1.1,
        cex.axis=0.8
    )

    if (tclvalue(ieje)== "1") abline (h=0,v=0,lty="dotted")

    # inercia del plano: ### chequear que al menos hay un elemento ###
    bt.fyg$sine <- rowSums(bt.res.cr[,c(dim1,dim2)])
    bt.fyg$sine <- rowSums(bt.res.cc[,c(dim1,dim2)])
    vix <- as.numeric(tclvalue(vinx))
    viy <- as.numeric(tclvalue(viny))
    if (any(bt.fyg$sine > vix)== TRUE) bt.fyg$inl <- bt.fyg$sine > vix
    else {print(bt.lit[125,])          # La inercia escogida excluye
    todas las filas
        return()}
    if (any(bt.fyg$sine > viy)== TRUE) bt.fyg$inl <- bt.fyg$sine > viy
    else {print(bt.lit[126,])          # La inercia escogida excluye
    todas las columnas
        return()}
    bt.fyg$inl[bt.fyg$type==0] <- F    # si opcion no pintar
    bt.fyg$inl[bt.fyg$type==0] <- F

    # individuos
    tmp <- bt.a[,c(dim1,dim2)]        # Datos
    tmp <- t(t(tmp)[,bt.fyg$inl])
    tmpf <- as.data.frame(t(t(bt.fyg)[,bt.fyg$inl]),stringsAsFactors=F)
# Formato
    Puntos(tmp,tmpf)
    if (tclvalue(ietx)== "1" & tclvalue(ibg)!= "1")
        Textor(tmp,tmpf)

    # variables
    tmp <- bt.b[,c(dim1,dim2)]        # Datos
    tmp <- t(t(tmp)[,bt.fyg$inl])
    tmpf <- as.data.frame(t(t(bt.fyg)[,bt.fyg$inl]),stringsAsFactors=F)
# Formato
    Flechas(tmp,tmpf)
    if (tclvalue(iety)== "1")
        Textoc(tmp,tmpf)

    #
    # Trayectorias
    if (tclvalue(i3v)== "1" & tclvalue(ibg)!= "1") {
    # de variables
    if (tclvalue(itrc)== "1")
    for (i in (1:dim(bt.res.ty)[3])[bt.fyg$inl]) {
        tmp <- bt.res.ty[,c(dim1,dim2),i]
        tmpf <- bt.fyg[i,]
        Trayectc(tmp,tmpf)
        if (tclvalue(ietzc)== "1") {
            tmpe <- bt.fyg$eti[i]
            Textotc(tmp,tmpf,tmpe)
        }
    }
    # de individuos
    if (tclvalue(itrr)== "1")
    for (i in (1:dim(bt.res.tx)[3])[bt.fyg$inl]) {
        tmp <- bt.res.tx[,c(dim1,dim2),i]
        tmpf <- bt.fyg[i,]
        Trayectr(tmp,tmpf)
        if (tclvalue(iet zr)== "1") {
            tmpe <- bt.fyg$eti[i]
            Textotr(tmp,tmpf,tmpe)
        }
    }
    }

    # de individuos si biplot global
    if (tclvalue(ibg)== "1")
    if (tclvalue(itrr)== "1") {
        tmp <- length(bt.hr)

```

```

        for (i in (1:tmp)[bt.fyg$inl[1:tmp]]) {
            tma <- matrix(,bt.nl,2)
            for (j in 1:bt.nl) {
                tma[j,] <- bt.res.a[i+(j-1)*tmp,c(dim1,dim2)]
                if (tclvalue(igx)==1) tma[,1] <- -1*tma[,1] # rota
eje x
                if (tclvalue(igy)==1) tma[,2] <- -1*tma[,2] # rota
eje y
            }
            tma <- as.numeric(tclvalue(vesc))* tma
# reescala trayectoria
            lines(tma, lty="dotted", type="l", col=bt.fyg$stcol[i])
            if (tclvalue(ietzr)==1)
                text(tma[,1],tma[,2],
labels=bt.fyg$eti[i],col=bt.fyg$stcol[i],cex=.6, pos=3)
            if (tclvalue(ietx)==1) # solo sacamos
1 etiqueta
                text(tma[1,1],tma[1,2],
labels=bt.fyg$eti[i],col=bt.fyg$stcol[i],
                cex=.6, pos=bt.fyg$pos[i])
        }
    }

# Funcion para Menu: Guardar
#
GuardaArchivo <- function()
{
    FileName <- tclvalue(tkgetSaveFile(filetypes = "
        {{Imagen png} {.png}}
        {{Imagen jpeg} {.jpg .jpeg}}
        {{Imagen svg} {.svg}}
        {{Imagen wmf} {.wmf}}
        {{Imagen pdf} {.pdf}}
        {{All files} *}
    "
    ))
# por defecto, png
if (!grepl("\\\\.",FileName))
    FileName <- paste(FileName, "png", sep = ".")
nn <- tolower(unlist(strsplit(FileName,"\\\\."))[[2]])

if (nn=="pdf") pdf(FileName, width = 7, height = 7)
else if (nn=="jpg" | nn=="jpeg")
    jpeg(FileName, width = 7, height = 7, units = "in",
        restoreConsole = FALSE, res = 96, quality = 100)
else if (nn=="svg" | nn=="jpeg")
    svg(FileName, width = 7, height = 7)
else if (nn=="wmf")
    {plotBiplot1 (screen = FALSE)
    savePlot(FileName, type="wmf") }
else if (nn=="png")
    png(FileName, width = 7, height = 7, units = "in",
        restoreConsole = FALSE, res = 96)
else print(bt.lit[111,]) # ERROR en tipo de archivo

    plotBiplot1 (screen = FALSE)
    dev.off()
}

# Menu para el grafico
#
fMenu <- function()
{
    topmenu <- tk2menu(bt.ttp)
    tkconfigure(bt.ttp,menu=topmenu)
    filemenu <- tk2menu(topmenu,tearoff=FALSE)
    viewmenu <- tk2menu(topmenu,tearoff=FALSE)
    tkadd(filemenu,"command",label=bt.lit[112,],# Copiar imagen
        command=function() tkrreplot(bt.img))
    tkadd(filemenu,"command",label=bt.lit[113,],command=function() #
Guardar Imagen
        GuardaArchivo() )
    tkadd(filemenu,"separator")
    tkadd(filemenu,"command",label=bt.lit[114,],command=function()
tkdestroy(bt.ttp)) # Salir
    tkadd(topmenu,"cascade",label=bt.lit[115,],menu=filemenu) # Archivo
# Control de la ventana, variable ittp
}

```

```

tkbind(bt.ttp,"<Destroy>", function() tclvalue(ittp)<-0) # ponerlo tambien en
quit
}

# Zoom para grafico
#
fZoom <- function()
{
  bt.ex1 <- tk2entry(bt.ttp2,textvariable=ex1,width="5")
  bt.ex2 <- tk2entry(bt.ttp2,textvariable=ex2,width="5")
  bt.ey1 <- tk2entry(bt.ttp2,textvariable=ey1,width="5")
  bt.ey2 <- tk2entry(bt.ttp2,textvariable=ey2,width="5")

  fxy <- function(){ # boton cambio limites
    bt.limx1 <- as.numeric(c(tclvalue(ex1),tclvalue(ex2)))
    bt.limy1 <- as.numeric(c(tclvalue(ey1),tclvalue(ey2)))
    if (tclvalue(igx)==1) {
      if (iyax==0){bt.limx1 <- sort(-1*bt.limx) # reajusta eje
x
          iyax <- 1
          tclvalue(ex1) <-min(bt.limx1)
          tclvalue(ex2) <-max(bt.limx1)}}
    if (tclvalue(igy)==1) {
      if (iyay==0) {bt.limy1 <- sort(-1*bt.limy) # reajusta eje
y
          iyay <- 1
          tclvalue(ey1) <-min(bt.limy1)
          tclvalue(ey2) <-max(bt.limy1)}}
    tkrrplot(bt.img)
  }
  bxy <- tk2button(bt.ttp2,text=bt.lit[116,],command=fxy) #
  Refrescar

  bt.ttp3 <- tk2frame(bt.ttp2,relief="raised", borderwidth=2,padding="2")
  a<-tk2checkboxbutton(bt.ttp3,variable=igx,tip=bt.lit[117,]) # invierte x
  b<-tk2label(bt.ttp3, text="-x -y ")
  c<-tk2checkboxbutton(bt.ttp3,variable=igy,tip=bt.lit[118,]) # invierte y
  tkpack(a,b,c,side="left")
  if(tclvalue(tb)!="3") { # Si HJ y GH
    bt.ttp4 <- tk2scale(bt.ttp2,tip=bt.lit[119,],from=1,to=10, #
    Escala x
      variable=vesc)
    bt.ttp5 <- tk2entry(bt.ttp2, textvariable=vesc, width=3) }
  else { bt.ttp4 <- NULL
    bt.ttp5 <- NULL
  }
  tkpack(tk2label(bt.ttp2, text=bt.lit[120,]),bt.ex1,bt.ex2, # Limites... x
    tk2label(bt.ttp2, text=" y:"),bt.ey1,bt.ey2,
    tk2label(bt.ttp2, text=" "),bxy,
    tk2separator(bt.ttp2,orientation="vertical"),bt.ttp3,
    bt.ttp4,bt.ttp5, side="left")
}

plotBiplot <- function(screen = TRUE)
{
  if (tclvalue(i3v)==="1" & tclvalue(ibg)!=="1") {
    bt.limx <- range(0,range(bt.res.ty[,dim1,]),range(bt.res.tx[,dim1,])) <<-
    bt.limy <- range(0,range(bt.res.ty[,dim2,]),range(bt.res.tx[,dim2,])) <<-
  } else {
    bt.limx <- range(0,rbind(bt.a,bt.b)[,dim1])
    bt.limy <- range(0,rbind(bt.a,bt.b)[,dim2])
  }
  bt.limx1 <- bt.limx
  bt.limy1 <- bt.limy
  tclvalue(ex1) <-min(bt.limx) # preparo para zoom
  tclvalue(ex2) <-max(bt.limx)
  tclvalue(ey1) <-min(bt.limy)
  tclvalue(ey2) <-max(bt.limy)
  tclvalue(igx) <- 0 # Comenzamos siempre sin rotar
  tclvalue(igy) <- 0
  tclvalue(vesc) <- 1
  iyax <- 0
  iyay <- 0
}

```

```

        if (tclvalue(ittp)==0)                                # dibuja grafico
        {
            bt.ttp <- tktoplevel()
            tkwm.title(bt.ttp,bt.lit[2,])                    # "Biplot Dinamico"
            bt.ttp1 <- tk2frame(bt.ttp) # para figura
            bt.ttp2
            tk2frame(bt.ttp,relief="raised",borderwidth=2,padding="2") # pie para coordenadas
            tkpack(bt.ttp1,bt.ttp2, side="top",fill="x")
            fMenu()
            fZoom()                                         # dibuja campos para
zoom
            bt.img <- tkrplot(bt.ttp1, fun = plotBiplot1,hscale = 1.8,vscale = 1.8)
            tclvalue(ittp)<-1
            tkpack(bt.img, expand = "TRUE", fill = "both")
        } else {
            tkrreplot(bt.img)
        }
    }
    #
    # Fin funciones =====
    #
    if (!is.ttk()) stop(bt.lit[1,])                          # "Tcl/Tk >= 8.5 is required"

    #=====  

    # Ventana principal  

    #
    tt <- tktoplevel()
    Sys.sleep(0.1)                                           # para bug PR#15150
    # tkwm.title(tt,bt.lit[2,])                               # "Biplot Dinamico"
    tktitle(tt)<-(bt.lit[2,])                                # "Biplot Dinamico"

    nb <- tk2notebook(tt,tabs=c(bt.lit[3,],bt.lit[4,],bt.lit[5,],bt.lit[6,]))
    tkpack(nb,fill="both")

    # Panel 1
    tb1 <- tk2notetab(nb, bt.lit[3,])
    fr.d2 <- tk2labelframe(tb1,text=bt.lit[7,]) # para variables
    tkconfigure(fr.d2, relief="groove")
    panel1()

    # Panel 2
    tb2 <- tk2notetab(nb, bt.lit[4,])
    fr.f1 <-tk2labelframe(tb2,text=bt.lit[8,]) # Formato de datos:
    fr.f11 <- tk2frame(fr.f1)
    fr.f12 <- tk2frame(fr.f1)
    tkpack(fr.f11, fr.f12, side="left")
    fr.f2 <-tk2labelframe(tb2,text=bt.lit[9,]) # Titulos:
    nb2 <- tk2notebook(fr.f11,tabs=c(bt.lit[10,],bt.lit[5,])) # individuos
    tb21 <- tk2notetab(nb2, bt.lit[10,]) # Individuos
    tb22 <- tk2notetab(nb2, bt.lit[5,]) # Variables
    panel2()

    # Panel 3
    tb3 <- tk2notetab(nb, bt.lit[5,])
    fr.a0 <-tk2frame(tb3)
    fr.a1 <-tk2frame(fr.a0)
    fr.a2 <-tk2frame(fr.a0)
    panel3()

    # panel 4
    tb4 <- tk2notetab(nb, bt.lit[6,])
    fr.s1 <-tk2labelframe(tb4,text=bt.lit[11,]) # Estandarizacion
    fr.s2 <-tk2labelframe(tb4,text=bt.lit[12,]) # Analisis Biplot
    fr.s3 <-tk2labelframe(tb4,text=bt.lit[13,]) # Ejes
    fr.s4 <-tk2labelframe(tb4,text=bt.lit[14,],relief="raised") # Trayectorias
    fr.s5 <-tk2labelframe(tb4,text=bt.lit[15,],relief="sunken") # Opciones de
grafico
    # Seleccion de ejes y plano
    fr25 <- tk2frame(fr.s3,relief="groove", borderwidth=2,padding="2")
    tb4.cb0 <- tk2combobox(fr25, values= 2, width="2", textvariable=neje)
    tb4.cb1 <- tk2combobox(fr25, values= 1, width="2", textvariable=dil)
    tb4.cb2 <- tk2combobox(fr25, values= 2, width="2", textvariable=di2)
    panel4()

```



```

# abajo
down.frm <- tk2frame(tt, padding="2")
tkpack(down.frm, side="bottom", fill="x")
#

## Botones de la ventana general:
frame3 <- tk2frame(down.frm, relief="sunken", borderwidth=2, padding="2")
la <- tk2label(frame3, text=mens.leer, foreground="red")
tkpack(la) # para mostrar a pie de
pagina
tkpack(frame3, side="left")

frame31 <- tk2frame(down.frm, padding="2")
run.but <- tk2button(frame31, text=bt.lit[16,], command=run.biplot, # Run
Biplot
state="disable")
res.but <- tk2button(frame31, text=bt.lit[17,], command>ShowRes, # Resultados,
state="disable")
tkpack(frame31, run.but, res.but, side="left")

frame32 <- tk2frame(down.frm, padding="2")
q.but <- tk2button(frame32, text=bt.lit[18,], # Quit
command=function() {tkdestroy(tt)
rm(list=ls(.GlobalEnv, pattern="bt"), pos=1) } )
tk2tip(q.but, bt.lit[19,]) # Cierra y borra
tkpack(frame32, q.but)
tkpack(frame32, frame31, side="right")

tkfocus(tt)

#
# Iconos usados en la aplicacion
#
icon.all
"R01GODlhFQAVAIcAAcE9FS23FjKyHQHJAAbNAAvMABzGDBnNCxbTDhPbExTaExzSEzXRFADiAADj
AADmAAATmEwblEgDveAnkEwvkFAjmGAD5AAD/AAD7CAD/GRj2KCPAESPEyPHFCfAFi7TFFi7GEzBb
IzXXMCThLyP/Oj3nPTjrNkawl0iyn0uzOFC6Q3aqcETyR17vXLD0U1/1YGDUV2bSXHnDaSaC1DKD
0zCGIYm+g5enlJ2vmqSkpKmkqaiok+urbGxsbOxs7KysrOzs7SytLS0tLa0tra2tre3t7i4uLm5
ub29vb6+vpi74pnDlJ3CmJbUjz23XmaLDnaPVMKfXnKvaoK7bpK/erLXHsrzPub/OvLHcp7Pdqrff
r7XYsLfYtLjjs7nH26DE66jC46vD5ajK8bXH4sDAv8DAwMHBwCPDw8XFw8TEwMXFxcbGxsfGx8fH
x8nIxsjIyMnJycrJycrJysrKysvLysvLy8vPyszMzM3Nzc7OzM7Ozs/Pz8LL18fWxMvdyMzaycfQ
3dDPztDPz9HQ0dHR0dLS0tPT09TTO9TU1NXVldfWlDbWl1tfx19jY19nZ2NnY2tvZ29va2dra2tvb
2tvb29jb39vc3t3a3tz3c3N3d3d7e3d/e3d7e3sHW7sjX6c/d69PY4N7f4M3qx9Lrzdji193w2drh
7dri79zm9uDg3+Dx2+Dg4ODg4eHg40Pi4eLi4uXk5eX15ebk5ubm5ufn5+Tt4eLo7+jn6Ojo6Onp
6erq6uvr6+nq7Ovr7Ozr6+3t7e7u7e/u7O7u7uXv+ezu8PHw7vLy8vPz8/Tz9PT09PT19PX19fb2
9vf39/X3+/j4+Pn5+fr5+vr6+vv6+vv7+/z8/P39/f/+ /P7+/v//v//wAAAAAAAAAAAAAAAAAAA
AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA
AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA
AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAACH5BAAAP8ALAAAAAAAAVABUA
AAj/ALUJFLgMkaGDCAOV0iNsoEntx9QgIZTWICi8hh4SBENJD7OB2EJq24VHo7E0u6TtSaZxZEmH
y94c04YnJzGad0nCNepR2C9cdWbSDi1Nm646DvUkieOmDRxKzRxis6YtFxyHZQ7Z8mRpx5FFdRiB
QcSsWjVacyS0SsmxllXiV5JwVoObJn0WDJwboJVRhnIatRkyYNGrNkylrZwUOp27VpOKA9a8Zs
WTJktbpQcSjQoJlIwzORa6YLv65YumbJ6lOCxAgpnh19mQEIDREhaYqWGaLjhokMFbB4VmRqDK9c
tJLHIuXnDxcWGCIOKaVq1BlCxYL56qUrF65bWlq8kXChQQIEETBiqFgT6BOYSOIKFBozaImFCxYk
TEiAgMCAAGvkoQQNfPAgRBE5+LCCAw80QIECDHTAwQYCrEEHKF6EkgonHHJiBRNP2FDAAh/IEAUU
OmZxxiSRNMLIiy8+Ask1V4BwgAdZDCSJET308MOPQP4YBA4hGADAFAPFgkkmTgbcSZNms1LFCSik
oMVAQAQEAOw=="
icon.none
"R01GODlhFQAVAIcAAcAc1DKD0zCGlbdZWK5jY7Zzc9wvGs00Lc05Jdc7K987MoksAOY4D+52Ce00
Du45Buo6CeMyEeY4HOK1Fu04Eew6FO08G/M6API4B/Q4APQ6APQ8APQ9A/U/AfU/AvM5CfM6CPM7
COI7KfZFCvNFHfVGH01AJuRGM/JCI/NBJPBNLfZYKvNWOctGQMpORM1VU99TS9JhW8txbs9zcM1/
f9Z4c+ZVQulfs/Z1UuVpY+13Ze6AcJidna6UL6Pj7WTlKGioqSkpKioqK+urbGxsbCysrKysrOz
s702t7SwsbS0tLS2t7a2tre3t7i4uLm5uby9vb29vb6+vpi74rnH26DE66jC46vD5ajK8bXH4seO
j8+OjMwYmMyXlt6Mh9KamtWent2UkcC/v8y6u9KpqqdWoqNqmpC7u9q3t9+5t+eUjuyVkaXgu+g
n+GopPawp8DAv8DAwMHBwCPDw8fBwsXFw8TEwMTFxcXfxcGxsfHx8nIxsjIyMnJycrJycrKysvL
ysvLy83Ly8ZmZnzc3Nzc7OzM7Ozs/Pz8LL18fQ3c7U1NDMzNHmZNDPztDPz9fPz93ExNDQ0NHR
0dLS0tPT09HT1NLUldTT09TU1NXVldXV1tFw1dbWl1tfx19XZ2dfc3NjY19nZ2NnY2tva2dra2tvb
2tvb29jb39vc3nvc3tzb29zc3N3d3d7e3d/e3d7e3sHW7sjX6c/d69PY4N7f4Nrh7dri79zm9uFB
weTMzODg3+Dg4ODh4ePi4eLi4uPi4uTk5OX15eTm5ubm5ufn5+Lo7+jo6Onp6erq6uvr6+nq7Ovr
7Ozr6+3t7e7u7e/u7O7u7uXv+ezu8PHw7vHz8/Ly8vLz8/Pz8/T09PX19fb29vf39/X3+/r39/j4
+Pn5+fr6+vv6+vv7+/z8/P39/f/+ /P7+/v//v//wAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA
AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAACH5BAAAP8ALAAAAAAAAVABUA
AAj/ANMJFKgtU6WDCctRohRtOmN02PBEmZTwYKZClR4S1HPq0LaB50KmU1ZIoZU7ysIhyqZxZEmH

```

2vhgS3eukDWaD0nC/FMMm7NjgWbSDHkuXbJADg9J8bNHT59T3ByeK5cOWR+HcTAZk6VKyJNOgTQd
ybSNHLL1ifxzCoYVFWC1fmm6V4pWpk7Zv4I1JwvoK15VuIcmNCxc03LZs23o1wnoKnTlx4MB947ZN
W7Zr1azBYuRDilpsaY9S3YMmbBkwHLpIpaKkDc3acrJEVUFgKI6TJTyaSLmSxs1ZsZr8cLiRhg5
nGx1WYasmpNhaNa8YaNjS40SGVDkmDOJGrRmzJIhpTtGDFKXhThWqCChIcWMM3kczbKc6hElSoMk
3UHiw8aIDheYIMM12uRhyBQBjDKEEk0EYQQS3BxggchYGBBDJGkkwCgtFBRyy6whNjKKGBlwAEI
E1DwQAUwmPEHH6aQEoonNHryCRkLbPCBCAO00AAEDChQihNEEGHEkUcW0QMCDhAAA9JuBBBAjQI
w0orWLYCC5arLPLDAQVAsQkoY7ygs8BAQA7"

icon.ok

<-

"R0lGODlhGAAAYAIcAADKdADSeADiXATmXBDMYajqYBDicADyaBT2eAT2eBT6cBjyZCy+gACunFDKi
ADagAD+iADSpF0CdbKCeBkkfBUKfCUGbEEGcEEWdFkieG0KgAkKgBUSiAkWiBkajBEajBkWKAEe1
AEKgCESgCUmlB0ymA0imDEqgAEmvBU+rA0yoBUysAE+sB02pCU6nEEqgHU+kHUWwAlCsB1SvB1au
CVctHVqtHlKxAFWzAFaxBFa3AFa0Blm1AFm3B123AFiyCFu1CFy2Clu5AFy4AF+4CF66CFizEUyz
IFKkJlWmKVapKVquJFmqLFutLFysKl6yKGRGWC6AGG4B2e7AGS+AGK8CGO8Cms+CGA/CWC0Hm8
FWy9HW6+HmGxJ2K1KGS3K2a5Imu+IGy7ImS2NmW3OG+1PG24MGy6Qm67RHC/SXi3Wni4Wny6Xn65
ZGfCAGjAAGnCAGrCAGvEAG7EAGjBC2rCCGjADmvFCWzCDG3FCm3HCm/ECW7FC27GC2/GDHDGAXLH
AXHGBHPHCnDIXDIXCnLKCXPkCnTICnBJcNbmCnnMAHZNahjKcNrLcNvMC3vOC3nODH7OC3zNDH/O
DhrFGm/ALXHAIn3HKHrEN3XCTXfATXzDU37EVoS5YoDPAIDPDIPSA4XTA4bRAIbUAILQDITSDIFU
DIjUAIjUAorVbonUCoJUdIPOKZLXLJPYLPtYL5PXOpfZPJnaOobLQYDhVIHIVYrKXZnWTJnYrP/c
SjbtTUjbtUpbSXYfLZInLYrMYo3KZonMaI/Ob5LNZpHNapTPbpDpcZjPeJfSYKDCSaXeVaLaXqTb
XaDYyqngXkVkmaDVgqDwiajfqLqP7DdobXZrrjQqLnSqLrTqrjZsbrCSR7dtsDUS8Lgu8Xhvcjg
vNHny9H1zdbqytr10tnqldnq1trr19/p2dzs2d3s2t7t2N7s3N7y2uDu3uPv4efx5eJy4eny5+7z
6u316Oz06+3260717e737PT48/b59fb89vv7+fn8+fr8+v3+/P7+/iH5BAAAAP8ALAAAAAYABgA
AAj/AP8JHEiwoMGDCBMqFCjN2C9fwqjpw0gQ3TFezZYta4bM1jd/C+ORu+UsWSXrWdhYrYlWLyE
7S4pe3Vq1KhQoDwtUsRKl6VyB+lRynUK1apVpUh9ktQIEaA5s7i0MzhM1qmjSJUyRSRoTx0qmLb0
IwhOVKqjppJOYnooEJw6WKOI0bJtoL9iqVStSktqkiNGh/5M6TskSpEeRSdKE7iOD6RHkSJH+hvY
B7Z9z3DsYOHbHdaBwfokjTIj5woCfC84XFNIwbIDpsEJFJYC09hgjxcWOGWxkdK6wJrMcGgmwJ
CsgIphWHUB44Ysb9Owd12vA1D0ZQkHDgwBiBvejkxfkaRpxAeSDrrQkwYoKCAwUOpGF8Ba6VIT7M
C5ynhr17+AMkUI1A/VRiRvVEBHGDf+r8w18AfxXwAAL1IDPQN0IQQQP9BwwhLftAFABcgdMMCJ
BgxolyZS5DCDDC2E8AACFSQAXwEFCJBBA/wU9E4MwaSgAgkfbPCfiQQQ8AID5hxEDgpduMCBBgh0
J8CVFidhQDgJuXMEDU7AgMEFF2DwQhIlRIDOQvls80UTTcihRjXpZNMjrf/cEw0naJyxCtTtIBQQ
ADs="

}

Anexo 3. Ayuda del programa dynBiplot

El programa **dynBiplot** está diseñado para mostrar una orientación sobre las opciones de las que dispone mediante etiquetas emergentes de color amarillo pálido cuando se sitúa el cursor del ratón sobre la opción. Si el usuario necesita más información puede recurrir a la ayuda del programa.

La ayuda se activa pulsando en el botón “?” que existe en todos los paneles del programa y muestra una explicación de los elementos utilizados.

Existe un documento de ayuda incluido en la distribución del paquete para cada uno de los paneles y para los idiomas implementados español e inglés. Para el resto de idiomas la ayuda se muestra en inglés.

Cada documento está formateado siguiendo las directrices de generación de documentación en los paquetes R y puede ser mostrado sobre el navegador de Internet.

A continuación se muestra la ayuda de los paneles de la versión 1.0.1.

Panel de Datos (Spanish)

Description

Opciones del panel de datos: Carga de datos.

Estructura de datos:

Datos:

- ‘b.x’ contiene los datos leídos sin modificación. La primera fila contiene las etiquetas. Las etiquetas de las columnas pueden estar contenidas en cualquiera de las variables de la matriz. Se mantiene al cerrar la aplicación.

Formatos gráficos:

- ‘b.fx’ y ‘b.fy’ ficheros con los formatos gráficos de los elementos. Se mantienen al cerrar la aplicación.

Temporales:

- ‘bt.*’ son ficheros y variables temporales, donde * puede tener cualquier valor. Son borrados al cerrar la aplicación.

Opción:

- *Son datos de 3 vías*: indica que los datos a cargar son de 3 vías y en ellos hay una variable que define la tercera vía.
- *Carga formatos desde R*: indica que existen los ficheros de formatos ‘b.fx’ y ‘b.fy’ con los formatos gráficos de los datos. Se generan en cada ejecución.

Leer datos:

- *Leer datos*: permite leer datos desde diversas fuentes. Los datos leídos se guardan en ‘b.x’. Una vez ejecutado se activan el resto de opciones de entrada.

Variable para:

- *Etiquetas*, despliega las variables leídas para indicar cuál contiene las etiquetas de los datos.
- *Situaciones*, se muestra si se ha activado la opción *Son datos de 3 vías*, despliega las variables leídas para indicar cuál contiene las situaciones para generar el cubo de 3 vías.
- Botón *Generar matrices* genera las estructuras de datos necesarias para el análisis, carga el resto de paneles con las opciones adecuadas, y pasa el control a la solapa *Variables*.

Editar formatos:

- Botón *Individuos* edita la matriz ‘b.fx’.
- El botón *Variables* edita la matriz ‘b.fy’.

Botones generales

En la ventana principal del programa se encuentran algunos componentes visibles de forma permanente.

- Fichero cargado: informa del archivo desde el que se han cargado los datos.
- Botón *Salir*: para cerrar de forma ordenada, mantiene en el entorno los ficheros de datos y de formato y elimina los ficheros temporales. Siempre está visible.
- Botón *Biplot*: para efectuar el análisis biplot. Se habilita cuando se han marcado las opciones suficientes para realizar el análisis.
- Botón *Resultados*: para ver los resultados numéricos del análisis. Se habilita una vez ejecutado el análisis.

See Also

[panelFormat_es](#), [panelVariables_es](#), [panelAnalysis_es](#).

Panel para formato (Spanish)

Description

Opciones para formato de datos. Permite aplicar el formato de los elementos gráficos.

Títulos:

- Marca para mostrar el título en el gráfico. Por defecto está deshabilitado.
- *Título*: permite introducir el título del gráfico biplot. Por defecto Biplot.
- Marca para mostrar el subtítulo en el gráfico. Por defecto está deshabilitado.
- *Subtítulo*: permite introducir el subtítulo del gráfico biplot. Si se tratan datos de tres dimensiones se genera automáticamente con el valor de la situación de referencia.

Formato de datos:

- Pestañas *Individuos* y *Variables*, con estructura similar. Lista el nombre de los individuos o variables. Permite realizar selecciones múltiples.
- Botón *Selecciona*: fija la selección hecha en la lista para cambiar su formato.

Múltiple:

Permite realizar selección múltiple de individuos o variables que cumplen la igualdad con el valor de la variable seleccionada.

- *Variable*: Selecciona la variable para aplicar filtro.

- Botón *<sel o sel>*: indica y selecciona la tarea a realizar. Realiza una selección múltiple de los elementos que cumplen la condición.

Cambia formato:

- *Etiqueta*: valor de la etiqueta a mostrar en el gráfico para este elemento. No cambia el nombre del elemento.
- *Color*: pulsando sobre el botón + se abre una ventana para seleccionar el color.
- *Forma*: valor que representa a la forma, según los códigos estándar en R.
- *Peso*: grosor el punto, según los valores estándar en R.
- *Posición*: posición de la etiqueta respecto al punto, según los valores estándar en R, 1-sur, 2-oeste, 3-norte, 4-este.
- *Trayectoria*: color de la trayectoria, si procede. Pinchando sobre el botón + se abre una ventana para seleccionar el color.
- *Mostrar*: determina si se muestra o no en el gráfico. Sí interviene en el cálculo.
- Botón *Cambia*: fija los valores cambiados en el elemento seleccionado.

Botones generales

En la ventana principal del programa se encuentran algunos componentes visibles de forma permanente.

- Fichero cargado: informa del archivo desde el que se han cargado los datos.
- Botón *Salir*: para cerrar de forma ordenada, mantiene en el entorno los ficheros de datos y de formato y elimina los ficheros temporales. Siempre está visible.
- Botón *Biplot*: para efectuar el análisis biplot. Se habilita cuando se han marcado las opciones suficientes para realizar el análisis.
- Botón *Resultados*: para ver los resultados numéricos del análisis. Se habilita una vez ejecutado el análisis.

See Also

[panelData_es](#), [panelVariables_es](#), [panelAnalysis_es](#).

Panel de Variables (Spanish)

Description

Opciones del panel de selección de Variables. Permite seleccionar los individuos y las variables que se van a utilizar en el análisis.

Selección de filas y columnas

Se compone de dos listas independientes: *Selecciona filas* y *Selecciona columnas*, con la lista de los elementos leídos. Se pueden seleccionar de forma múltiple según las opciones aportadas por el sistema operativo. En el caso de Windows con las teclas *Mayúsculas* y *Control*, además de los botones de selección completa.

- Botones gráficos *Quita todas*: deselecciona toda la lista.
- Botones gráficos *Marca todas*: selecciona toda la lista.
- Botón *OK*: termina la selección.

Botones generales

En la ventana principal del programa se encuentran algunos componentes visibles de forma permanente.

- Fichero cargado: informa del archivo desde el que se han cargado los datos.
- Botón *Salir*: para cerrar de forma ordenada, mantiene en el entorno los ficheros de datos y de formato y elimina los ficheros temporales. Siempre está visible.
- Botón *Biplot*: para efectuar el análisis biplot. Se habilita cuando se han marcado las opciones suficientes para realizar el análisis.
- Botón *Resultados*: para ver los resultados numéricos del análisis. Se habilita una vez ejecutado el análisis.

See Also

[panelData es](#), [panelFormat es](#), [panelAnalysis es](#).

Panel de Analisis (Spanish)

Description

Opciones del panel de Análisis. Permite establecer las condiciones en que se realiza el análisis biplot.

Estandarización:

Contiene los indicadores de *Centrado*, *Escalado* y, si es un cubo de datos, el de estandarizado utilizando los valores *Sobre n. vías*. Por defecto, marcado centrado, escalado y vía 1.

Análisis Biplot:

Selección excluyente del análisis *HJ*-Biplot, *GH*-Biplot, *JK*-Biplot. Por defecto, *HJ*-Biplot.

Ejes:

Desplegable para seleccionar el número de *Ejes*, ejes para el *Plano* a dibujar, y el indicador de *Mostrar ejes* activado por defecto.

Opciones de gráfico:

Permite indicar si queremos mostrar *Etiquetas para filas* y *para columnas* en el gráfico, por defecto, ambas activadas. Se puede seleccionar los puntos a mostrar en el gráfico según la cantidad de *Inercia filas* e *Inercia columnas* acumulada en el plano.

Trayectorias:

Esta sección se muestra si estamos tratando un cubo de datos.

- *Referencia*: valores de la variable seleccionada como referencia.
- *Biplot Global*: trata el cubo de datos como una matriz de dos dimensiones.
- *Trayectorias para filas y columnas*, ambas activadas por defecto.
- *Etiquetas* de las trayectorias para *filas* y *columnas*, ambas activadas por defecto.

Botones generales

En la ventana principal del programa se encuentran algunos componentes visibles de forma permanente.

- *Fichero cargado*: informa del archivo desde el que se han cargado los datos.
- Botón *Salir*: para cerrar de forma ordenada, mantiene en el entorno los ficheros de datos y de formato y elimina los ficheros temporales. Siempre está visible.
- Botón *Biplot*: para efectuar el análisis biplot. Se habilita cuando se han marcado las opciones suficientes para realizar el análisis.
- Botón *Resultados*: para ver los resultados numéricos del análisis. Se habilita una vez ejecutado el análisis.

See Also

[panelData.es](#), [panelFormat.es](#), [panelVariables.es](#).

Anexo 4. Códigos de países, según norma ISO 3166-1

El nombre de los países analizados en el presente trabajo ha sido codificado siguiendo el estándar de la norma ISO 3166-1.

La relación de códigos utilizados, con sus nombres en inglés y en español, es la siguiente:

Código iso3c	Country name	Nombre del país
ALB	Albania	Albania
DZA	Algeria	Argelia
AGO	Angola	Angola
ARG	Argentina	Argentina
ARM	Armenia	Armenia
AUS	Australia	Australia
AUT	Austria	Austria
AZE	Azerbaijan	Azerbaiyán
BHR	Bahrain	Baréin
BGD	Bangladesh	Bangladés
BRB	Barbados	Barbados
BLR	Belarus	Bielorrusia
BEL	Belgium	Bélgica
BLZ	Belize	Belice
BEN	Benin	Benín
BTN	Bhutan	Bután
BOL	Bolivia	Bolivia
BIH	Bosnia and Herzegovina	Bosnia y Herzegovina
BWA	Botswana	Botsuana
BRA	Brazil	Brasil
BGR	Bulgaria	Bulgaria
BFA	Burkina Faso	Burkina Faso
MMR	Burma	Birmania
BDI	Burundi	Burundi
CIV	Côte d'Ivoire	Costa de Marfil
KHM	Cambodia	Camboya
CMR	Cameroon	Camerún
CAN	Canada	Canadá
CPV	Cape Verde	Cabo Verde
CAF	Central African Republic	República Centroafricana

Código iso3c	Country name	Nombre del país
TCD	Chad	Chad
CHL	Chile	Chile
CHN	China	China
COL	Colombia	Colombia
COM	Comoros	Comoras
CRI	Costa Rica	Costa Rica
HRV	Croatia	Croacia
CUB	Cuba	Cuba
CYP	Cyprus	Chipre
CZE	Czech Republic	República Checa
COD	Democratic Republic of Congo	República Democrática del Congo
DNK	Denmark	Dinamarca
DJI	Djibouti	Yibuti
DMA	Dominica	Dominica
DOM	Dominican Republic	República Dominicana
ECU	Ecuador	Ecuador
EGY	Egypt	Egipto
SLV	El Salvador	El Salvador
GNQ	Equatorial Guinea	Guinea Ecuatorial
ERI	Eritrea	Eritrea
EST	Estonia	Estonia
ETH	Ethiopia	Etiopía
FJI	Fiji	Fiji
FIN	Finland	Finlandia
FRA	France	Francia
GAB	Gabon	Gabón
GEO	Georgia	Georgia
DEU	Germany	Alemania
GHA	Ghana	Ghana
GRC	Greece	Grecia
GTM	Guatemala	Guatemala
GIN	Guinea	Guinea
GNB	Guinea-Bissau	Guinea-Bisáu
GUY	Guyana	Guyana
HTI	Haiti	Haití
HND	Honduras	Honduras
HKG	Hong Kong	Hong Kong
HUN	Hungary	Hungría
ISL	Iceland	Islandia
IND	India	India
IDN	Indonesia	Indonesia
IRN	Iran	Irán
IRL	Ireland	Irlanda

Código iso3c	Country name	Nombre del país
ISR	Israel	Israel
ITA	Italy	Italia
JAM	Jamaica	Jamaica
JPN	Japan	Japón
JOR	Jordan	Jordania
KAZ	Kazakhstan	Kazajistán
KEN	Kenya	Kenia
KIR	Kiribati	Kiribati
KWT	Kuwait	Kuwait
KGZ	Kyrgyz Republic	Kirguistán
LAO	Laos	Laos
LVA	Latvia	Letonia
LBN	Lebanon	Líbano
LSO	Lesotho	Lesoto
LBR	Liberia	Liberia
LBY	Libya	Libia
LTU	Lithuania	Lituania
LUX	Luxembourg	Luxemburgo
MAC	Macau	Macao
MKD	Macedonia	República de Macedonia
MDG	Madagascar	Madagascar
MWI	Malawi	Malawi
MYS	Malaysia	Malasia
MDV	Maldives	Maldivas
MLI	Mali	Malí
MLT	Malta	Malta
MRT	Mauritania	Mauritania
MUS	Mauritius	Mauricio
MEX	Mexico	México
FSM	Micronesia	Micronesia
MDA	Moldova	Moldavia
MNG	Mongolia	Mongolia
MNE	Montenegro	Montenegro
MAR	Morocco	Marruecos
MOZ	Mozambique	Mozambique
NAM	Namibia	Namibia
NPL	Nepal	Nepal
NZL	New Zealand	Nueva Zelanda
NIC	Nicaragua	Nicaragua
NER	Niger	Níger
NGA	Nigeria	Nigeria
PRK	North Korea	Corea del Norte
NOR	Norway	Noruega

Código iso3c	Country name	Nombre del país
OMN	Oman	Omán
PAK	Pakistan	Pakistán
PAN	Panama	Panamá
PNG	Papua New Guinea	Papúa Nueva Guinea
PRY	Paraguay	Paraguay
PER	Peru	Perú
POL	Poland	Polonia
PRT	Portugal	Portugal
QAT	Qatar	Catar
COG	Republic of Congo	República del Congo
ROU	Romania	Rumania
RUS	Russia	Rusia
RWA	Rwanda	Ruanda
LCA	SaintLucia	Santa Lucía
VCT	Saint Vincent Grenadines	San Vicente y las Granadinas
WSM	Samoa	Samoa
STP	Sao Tome Principe	Santo Tomé y Príncipe
SAU	Saudi Arabia	Arabia Saudita
SEN	Senegal	Senegal
SRB	Serbia	Serbia
SYC	Seychelles	Seychelles
SLE	Sierra Leone	Sierra Leona
SGP	Singapore	Singapur
SVK	Slovakia	Eslovaquia
SVN	Slovenia	Eslovenia
SLB	Solomon Islands	Islas Salomón
ZAF	South Africa	Sudáfrica
KOR	South Korea	Corea del Sur
ESP	Spain	España
LKA	Sri Lanka	Sri Lanka
SUR	Suriname	Surinam
SWZ	Swaziland	Suazilandia
SWE	Sweden	Suecia
CHE	Switzerland	Suiza
SYR	Syria	Siria
TWN	Taiwan	Taiwán
TJK	Tajikistan	Tayikistán
TZA	Tanzania	Tanzania
THA	Thailand	Tailandia
BHS	The Bahamas	Bahamas
GMB	The Gambia	Gambia
NLD	The Netherlands	Países Bajos
PHL	The Philippines	Filipinas

Código iso3c	Country name	Nombre del país
TLS	Timor Leste	Timor Oriental
TGO	Togo	Togo
TON	Tonga	Tonga
TTO	Trinidad and Tobago	Trinidad y Tobago
TUN	Tunisia	Túnez
TUR	Turkey	Turquía
TKM	Turkmenistan	Turkmenistán
UGA	Uganda	Uganda
UKR	Ukraine	Ucrania
ARE	United Arab Emirates	Emiratos Árabes Unidos
GBR	United Kingdom	Reino Unido
USA	United States	Estados Unidos
URY	Uruguay	Uruguay
UZB	Uzbekistan	Uzbekistán
VUT	Vanuatu	Vanuatu
VEN	Venezuela	Venezuela
VNM	Vietnam	Vietnam
YEM	Yemen	Yemen
ZMB	Zambia	Zambia
ZWE	Zimbabwe	Zimbabue

Anexo 5. Publicaciones del autor

Estudio de la Evolución del Índice de Libertad Económica en Argentina usando Biplot Dinámico.

Este trabajo se presentó en el IV Encuentro Iberoamericano de Biometría, celebrado en Mar del Plata, Argentina, entre los días 25 al 27 de septiembre de 2013.

El póster mostrado puede ser recuperado desde el siguiente código QR:



ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN DEL ÍNDICE DE LIBERTAD ECONÓMICA EN ARGENTINA USANDO BILOT DINÁMICO.

JAIME EGIDO¹, PURIFICACIÓN GALINDO²

¹*Departamento de Estadística, Universidad de Salamanca*

²*Departamento de Estadística, Universidad de Salamanca*

jegido@usal.es

RESUMEN

El bienestar de una sociedad se consigue alcanzando un desarrollo económico sostenido, siendo los modelos basados en la libre competencia los que han obtenido mejores resultados. Recurriremos al Índice de Libertad Económica publicado por la Fundación Heritage para realizar un estudio sobre la evolución que ha habido en materia de libertades económicas en el continente americano durante el periodo de tiempo transcurrido entre los años 2005 al 2013. Utilizamos una nueva técnica desarrollada, Biplot Dinámico, para analizar las trayectorias de los índices y de los países del continente, con especial atención en Argentina.

Palabras clave: *biplot dinámico, libertad económica, tres vías.*

Introducción

El bienestar de una sociedad está basado en la capacidad que dicha sociedad tiene para promover su desarrollo económico. Diversos estudios indican que la mejor forma de conseguir un crecimiento económico y obtener mayor bienestar social es implantando políticas que den a la economía fluidez [1], [2]. Los modelos que han existido hasta la fecha, y que han obtenido mejores resultados en la consecución de este fin, han sido los modelos basados en la libre competencia.

La libertad económica es la condición en la cual los individuos pueden actuar con autonomía en la búsqueda de su sustento económico y de una mayor prosperidad. El objetivo de la libertad económica no es simplemente la ausencia de limitaciones o

restricciones por parte del gobierno sino la creación y mantenimiento de un sentido mutuo de libertad para todos [3].

La Fundación Heritage [4] en colaboración con The Wall Street Journal [5] elabora anualmente, desde 1995 y siguiendo la teoría de Adam Smith [6], el *Índice de Libertad Económica*. Este índice crea 10 puntos de referencia para medir el éxito económico de 185 países, permitiendo comprobar que las teorías de prosperidad y libertad económica del siglo XVIII están vigentes en el siglo XXI.

El *Índice de Libertad Económica* [7] evalúa el grado de libertad de la actividad económica calculando y agregando diez indicadores que miden aspectos tales como las relaciones del país con el resto del mundo, las políticas internas existentes, la libertad de los individuos para trabajar y para invertir, sin restricciones e interferencias del gobierno. Estos indicadores interactúan entre sí y se complementan, constituyendo un medio multidimensional para conseguir el progreso económico.

Desarrollo

Los datos que hemos utilizado para realizar este estudio han sido obtenidos de la página de Internet de la Fundación Heritage [4]. Se trata de una matriz de datos donde se recoge el *Índice de Libertad Económica* de todos los países del continente americano, así como los diez índices específicos que miden cada uno de los componentes del índice. El resultado es una matriz, que se puede convertir en un cubo de datos, con 29 países (filas) y 11 variables (columnas) medidas en 9 periodos, los correspondientes a los años comprendidos entre 2005 y 2013 ambos incluidos.

Para el análisis se ha utilizado una nueva técnica: el Biplot Dinámico. Esta técnica tiene como fundamento la proyección sobre la representación biplot de un momento prefijado, la situación de referencia, del resto de momentos medidos, calculando sus trayectorias.

El Biplot Dinámico se desarrolla en dos etapas: la primera consiste en el análisis de la situación de referencia, análisis estático, realizando un análisis biplot clásico [8], aunque se aconseja utilizar un análisis HJ-Biplot [9] debido a las propiedades de representación simultánea de filas y columnas que éste hace, permitiéndonos conocer las relaciones multivariantes de la situación de referencia; en el estudio hemos tomado como situación de referencia la correspondiente al año 2013. La segunda etapa, análisis dinámico, consiste en proyectar sobre el gráfico biplot obtenido en la etapa anterior el

resto de situaciones que queremos analizar. El resultado es el conjunto de trayectorias de los individuos y de las variables sobre el biplot de la situación de referencia.

El análisis Biplot Dinámico mantiene las propiedades del biplot utilizado en la etapa primera, a las que se añaden las propiedades correspondientes de los marcadores fila y de los marcadores columna de los elementos respecto a su situación de referencia.

Para dar soporte a esta teoría se ha desarrollado un paquete en R [10] con interfaz gráfica de usuario que hemos llamado dynBiplotGUI, y que cubre todo lo necesario para su utilización: la adquisición de datos para el análisis, el formateo de los datos, la selección de individuos y variables que van a formar parte del estudio, y la elección de opciones que van a ser utilizadas para la representación.

Resultados y Conclusiones

Un análisis descriptivo de las variables en el año 2013 nos indica que el *Derecho a la propiedad* y la *Libertad frente a la corrupción* son claramente los aspectos menos desarrollados en los países del continente americano, existiendo gran amplitud intercuartílica. Los aspectos de *Libertad fiscal*, *Libertad monetaria* y *Libertad comercial* son los más desarrollados.

El resultado de realizar la primera etapa del Biplot Dinámico, tomando como situación de referencia el año 2013, realizando un análisis HJ-Biplot con datos centrados, obtenemos una inercia acumulada en el plano 1-2 de un 78%, estando todas las variables suficientemente bien representadas.

Los países mejor posicionados frente al índice son Canadá, Chile y Estados Unidos, destacando a su vez por una alta puntuación, junto a Barbados, en los índices de *Derechos de propiedad*, *Libertad frente a la corrupción*, *Libertad laboral* y *Libertad empresarial*.

Los países con menor puntuación en el *Índice de Libertad Económica* son Cuba, Venezuela, Argentina, Ecuador, Bolivia y Haití, todos ellos con una puntuación menor de 50 sobre 100.

Argentina, con una puntuación global de 46'7 en el año 2013, obtiene una mala calificación en *Derechos de Propiedad* (15), *Libertad frente a la Corrupción* (30), *Libertad laboral* (47'4), *Libertad de inversión* (40) y *Libertad financiera* (30). La mejores puntuaciones las obtiene en *Libertad fiscal* (64'3), *Libertad empresarial* (60'1), *Libertad monetaria* (60'4) y *Libertad comercial* (67'5).

Con la segunda etapa del Biplot Dinámico podemos observar la dinámica del modelo. Durante el periodo analizado se produce una disminución en todos los índices de libertad económica, salvo en *Libertad fiscal* y *Libertad comercial* que se incrementan ligeramente. Es significativo observar que el *Índice global* se separa del índice de *Libertad frente a la corrupción* a lo largo del periodo. En la ilustración 1 se muestra un Biplot Dinámico con los datos centrados; se ha ocultado información para dar claridad al gráfico.

Respecto a la evolución de los países del continente, es significativa la pérdida de libertad en los Estados Unidos, pasando de un valor de 79'9 al principio del periodo a un valor de 76 al final del mismo. De los países peor situados frente al índice, Cuba, Venezuela, Argentina, Ecuador, Bolivia y Haití, tan sólo este último ha tenido periodos de mejora logrando mantenerse, mientras que el resto ha cedido una parte importante de su puntuación, como en el caso de Venezuela que ha pasado de una puntuación de 45'2 en la año 2005 a 36'1 en el año 2013.

Etapa 2: análisis dinámico

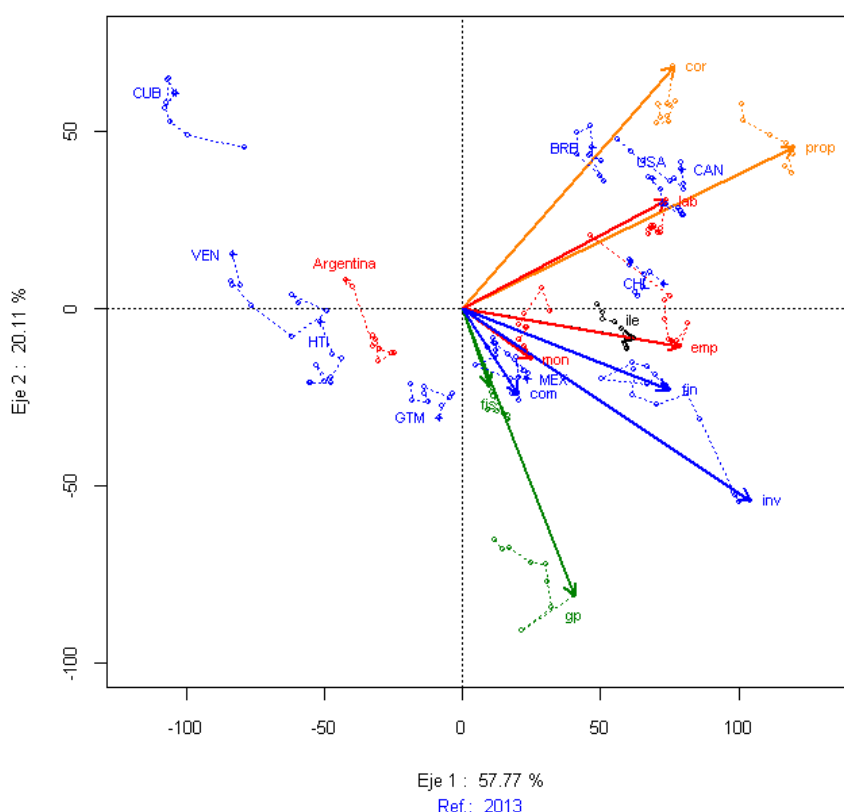


Ilustración 1: Resultado del Biplot Dinámico

Argentina ha sufrido una pérdida importante de libertad económica al pasar en el periodo estudiado de 51'7 a 46'7. Se observa en su trayectoria que después de tres

periodos de mejora comienza un descenso que se acentúa en los dos últimos años donde pierde 5 puntos. Las principales áreas de descenso son las de *Libertad fiscal* y *Gasto público*, seguidas de *Libertad comercial*, *Libertad monetaria*, *Libertad de inversión* y *Libertad financiera*.

Bibliografía

[1] Sen, A. (2000). *Desarrollo y Libertad*, 1. ed. Planeta, Barcelona.

[2] Holcombe, R. y Gwartney, J. (2010). "Unions, economic freedom, and growth". *Cato J Cato J*. vol(30): pág.1–22.

[3] Miller, T.; Kim, A. B. (2013). "Chapter 7: Defining Economic Freedom". *2013 Index Econ. Free*. Heritage Foundation; Wall Street Journal, Washington, D.C.; New York, N.Y.

[4] heritage.org (2012). "The Heritage Foundation". <http://www.heritage.org/>

[5] WSJ (2012). "The Wall Street Journal". <http://www.wsj.com>

[6] Smith, A. (1776). *Wealth of Nations*

[7] Miller, T.; Holmes, K.; Feulner, E. J. (2013). *2013 Index of Economic Freedom*. Heritage Foundation; Wall Street Journal, Washington, D.C.; New York, N.Y.

[8] Gabriel, K. R. (1971). "The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. *Biometrika*", vol(58): pág. 453–67.

[9] Galindo, P. (1986). "Una alternativa de representación simultánea: HJ-Biplot". *Qüestió*, vol(10).

[10] R Core Team (2012). "R: A Language and Environment for Statistical Computing". R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>



VNIVERSIDAD
DSALAMANCA

ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN DEL ÍNDICE DE LIBERTAD ECONÓMICA EN ARGENTINA USANDO BILOT DINÁMICO

Jaime Egido - jegido@usal.es

Purificación Galindo - pgalindo@usal.es



Índice de Libertad Económica

Fundación Heritage - The Wall Street Journal

Índice de Libertad Económica:

- Área de Estado de Derecho
 - Derechos de Propiedad
 - Libertad frente a la Corrupción
- Área: Gobierno limitado
 - Libertad fiscal
 - Gasto público
- Área: Eficacia reguladora
 - Libertad empresarial
 - Libertad laboral
 - Libertad monetaria
- Área: Apertura de los mercados
 - Libertad comercial
 - Libertad de inversión
 - Libertad financiera

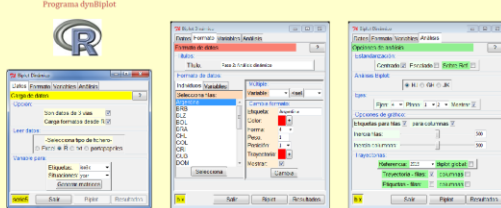
Puntuación:

- >80 verdaderamente libre
- 70-80 mayoritariamente libre
- 60-70 moderadamente libre
- 50-60 mayoritariamente controlada
- <50 reprimida

Bibliografía:

Heritage.org (2012). "The Heritage Foundation". <http://www.heritage.org/>
 WSJ (2012). "The Wall Street Journal". <http://www.wsj.com>
 Smith, A. (1776). *Wealth of Nations*
 Miller, T., Holmes, K., Feulner, E. J. (2013). *2013 Index of Economic Freedom*. Heritage Foundation, Wall Street Journal, Washington, D.C.; New York, N.Y.

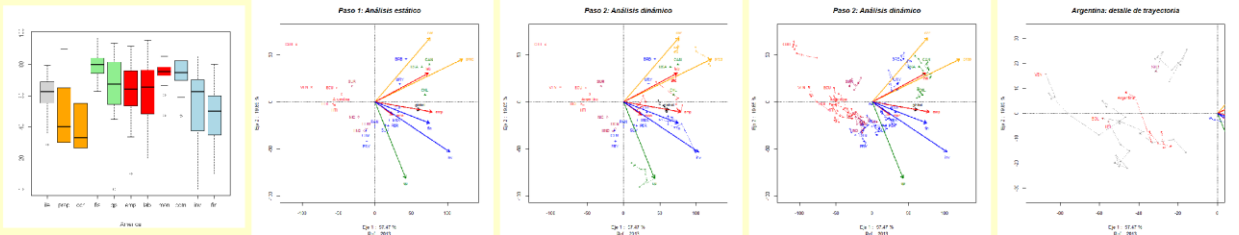
Paquete dynBiplotGUI



Análisis:

Cubo de Datos: con 29 países (filas) y 11 variables (columnas) medidas en 9 periodos, los correspondientes a los años comprendidos entre 2005 y 2013.
Datos: centrados, no escalados. Análisis Biplot: **HJ-Biplot**. Situación de referencia: año 2013.

Resultados: Inercia del plano 1-2: 78%. Inercia mostrada para filas y para columnas: > 500



Conclusiones:

El área de **Estado de derecho** (Derechos de propiedad y Libertad frente a la corrupción) es la menos desarrollada en el continente americano.
 Las libertades más desarrolladas son la Libertad fiscal, la Libertad monetaria y la Libertad comercial.
 El Índice de Libertad Económica global está más relacionado con libertades de las áreas de Apertura de los mercados y Eficacia reguladora y menos con libertades de Estado de derecho y Gobierno limitado.
 Las libertades que más diferencias arrojan son las libertades de Derechos de propiedad, Libertad frente a la corrupción, Libertad de inversión y Gasto público.
 Los países con mayor puntuación en el Índice de Libertad Económica global destacan por las libertades en Derechos de propiedad, Libertad frente a la corrupción, Libertad laboral y Libertad empresarial. Son Canadá, Chile, Estados Unidos y Barbados.
 Los países con libertad económica reprimida son Cuba, Venezuela, Argentina, Ecuador, Bolivia y Haití, con bajas puntuaciones en la mayoría de los índices.
 Argentina, con una puntuación global de 46 en el año 2013, obtiene una mala calificación en Derechos de Propiedad (15), Libertad frente a la Corrupción (30), Libertad laboral (47), Libertad de inversión (40) y Libertad financiera (30). La mejores puntuaciones las obtiene en Libertad fiscal (64), Libertad empresarial (60), Libertad monetaria (60) y Libertad comercial (67).

BILOT DINÁMICO

Biplot dinámico: para el tratamiento de datos de 3-vías, tiene como fundamento la proyección sobre la representación biplot de un momento prefijado, la situación de referencia, del resto de momentos medidos, calculando sus trayectorias.

Pasos:

Paso 1 - Análisis Estático de la situación de referencia

Análisis de la situación de referencia realizando un análisis biplot clásico

Factorización: $Y = AB^T$ $Y = UDV^T$

Marcajes (para HJ-Biplot): $A = UQ; B = VD$

Paso 2 - Análisis Dinámico

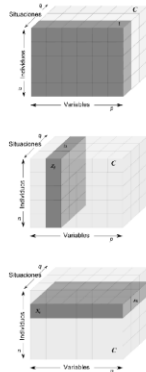
Proyectar sobre el gráfico biplot obtenido en la etapa anterior el resto de situaciones que queremos analizar, obteniendo las trayectorias de los individuos y de las variables sobre el biplot de la situación de referencia.

Marcajes de variables: $s = (A^T A)^{-1} A^T z$

Marcajes de individuos: $o = (B^T B)^{-1} B^T x$

Trayectorias:

Cada matriz extraída del cubo genera una trayectoria en el biplot dinámico. La distancia de cada punto al origen se asimila a la covarianza entre la variable en la situación de referencia y la situación representada.



Propiedades:

En la situación de referencia conserva todas las propiedades de la factorización elegida.

Marcajes columna (variables): para factorizaciones GH-Biplot y HJ-Biplot

- El producto escalar de cada columna de la matriz proyectada Z_j con la columna de la variable y_i en la referencia t coinciden con el producto escalar de los marcajes de sus correspondientes proyecciones.
- Las coordenadas obtenidas al proyectar la variable z_j con el vector de covarianzas de los vectores propios por la izquierda y la variable proyectada, escaladas en función del número de individuos
- El producto escalar entre los marcajes columna de la variable proyectada de la situación k y la correspondiente a la situación de referencia t es la covarianza de la variable entre ambas situaciones, escalada en función del número de muestras (n):
- El coseno del ángulo formado por los marcajes de la variable proyectada en las situaciones k y t es la correlación entre las variables en el espacio completo ponderada por el inverso del coeficiente de correlación múltiple de la regresión realizada.
- Si dividimos el cuadrado de la longitud de los vectores de las proyecciones conseguidas, escalada en función del número de individuos, por el coeficiente de determinación de la regresión realizada obtenemos la varianza de la variable en el espacio completo.
- Para evaluar la calidad de representación de una variable proyectada en el gráfico biplot utilizaremos la cantidad de varianza que dicha variable explica en el análisis, que se corresponde con el coeficiente de determinación de la regresión realizada.
- Cuando las variables están estandarizadas, los productos escalares entre las coordenadas de una variable y sus correspondientes a sus situaciones nos permiten calcular la Función de Autorrelación de la variable.

$$s_j^k y_i = z_j^k x_i$$

$$s_j^k = z_j^k x_i / y_i$$

$$s_j^k = z_j^k x_i / ((n-1) \cos(\theta_{z_j, y_i}))$$

$$\cos(\theta_{z_j, y_i}) = \frac{\text{cov}(z_j, y_i)}{r_{z_j, y_i}}$$

$$\text{var}(z_j) = \frac{r_{z_j, y_i}^2}{(n-1)R^2}$$

$$\text{var}(z_j) = R^2$$

$$R^2 = \frac{\text{cov}(z_j, y_i)^2}{\text{var}(z_j) \text{var}(y_i)}$$

Marcajes fila (individuos): para factorizaciones JK-Biplot y HJ-Biplot

- Los productos escalares de las filas de la matriz proyectada X_i con la fila del individuo en la referencia t coinciden con los productos escalares de los marcajes de sus correspondientes proyecciones.
- El coseno del ángulo formado por dos filas de la matriz de datos coincide con el coseno de sus marcajes. En particular, el coseno entre una fila de la matriz proyectada y su referencia coincide con la de sus marcajes.
- La distancia euclídea entre dos filas de la matriz de datos coincide con la distancia euclídea de sus marcajes. En particular, la distancia euclídea entre una fila de la matriz proyectada y su referencia coincide con la de sus marcajes.

Bibliografía:
 Gabriel, K. R. (1971). "The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. *Biometrika*", vol(58): pág. 453-67.
 Galindo, P. (1986). "Una alternativa de representación simultánea: HJ-Biplot". *Questio*, vol(10).

Durante el período analizado se produce una disminución en todos los índices de libertad económica, salvo en Libertad fiscal y Libertad comercial que se incrementan ligeramente. Es significativo observar que el Índice global se separa del índice de Libertad frente a la corrupción a lo largo del período.
 La evolución de los países del continente, es significativa la pérdida de libertad en los Estados Unidos, pasando de un valor de 79 al principio del período a un valor de 76 al final del mismo. De los países peor situados frente al índice, Cuba, Venezuela, Argentina, Ecuador, Bolivia y Haití, tan sólo este último ha tenido periodos de mejora logrando mantenerse, mientras que el resto ha cedido una parte importante de su puntuación, como Venezuela que ha pasado de una puntuación de 45 en el año 2005 a 36 en el año 2013.
 Argentina ha sufrido una pérdida importante de libertad económica al pasar en el período estudiado de 51 a 46. Se observa en su trayectoria que después de tres periodos de mejora comienza un descenso que se acentúa en los dos últimos años donde pierde 5 puntos.
 Las principales áreas de descenso son las de Libertad fiscal y Gasto público, seguidas de Libertad comercial, Libertad monetaria, Libertad de inversión y Libertad financiera.



Anexo 6: Análisis complementarios

Análisis descriptivo del Índice de Libertad Económica

Realizamos un estudio descriptivo de los índices de libertad para observar su distribución. En la Figura 6-1 se muestra el diagrama de cajas de cada uno de los índices específicos y del general del año 2014, para todos los países estudiados. Se han coloreado, suavizando los colores para no resultar estridentes, por las áreas en las que están agrupados: gris para el índice general, naranja para los indicadores del *Estado de Derecho*, verde para *Gobierno limitado*, rojo para *Eficacia reguladora* y azul para *Apertura de mercados*.

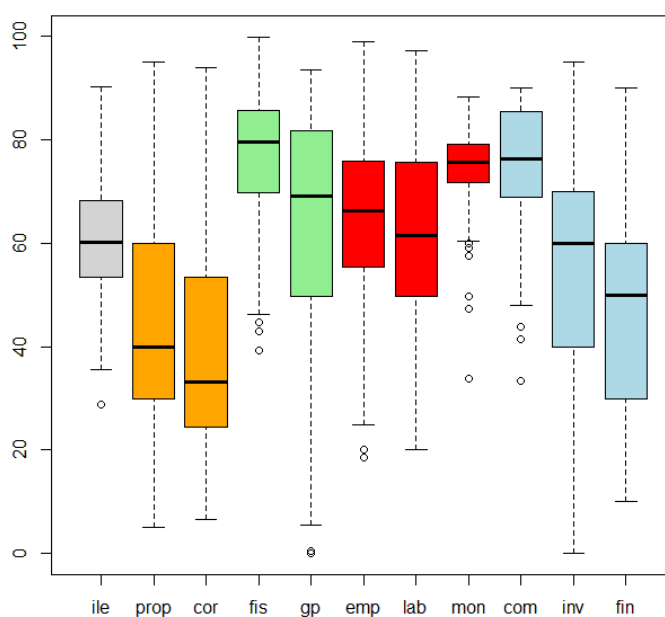


Figura 6-1: Diagramas de caja de los Índices de Libertad Económica, año 2014

El valor atípico del Índice general en su parte inferior se corresponde con Cuba. Los referentes a la *Libertad fiscal*, en su parte inferior si bien con puntuación cercana a 50, Bélgica, Dinamarca y Suecia. El índice de control de *Gasto público*, en su parte baja, tiene como valores atípicos, Cuba, Dinamarca, Kiribati, Lesoto, Micronesia y Timor

Occidental. El índice de *Libertad empresarial*, en su parte baja, tiene en valores atípicos a Cuba y Eritrea. El índice de *Libertad monetaria* siendo el de menor recorrido intercuartílico es el que presenta más valores atípicos en su parte baja, Argentina, Bulgaria, Eritrea, Etiopía, Irán y Venezuela. Por último, el índice de *Libertad comercial* tiene como valores atípicos en la parte baja Irán, Maldivas y Seychelles.

Se observa como el desarrollo de las distintas áreas es desigual.

El *Índice de Libertad Económica (ile)* global [$\mu=60.614$, $\sigma=10.500$] se acerca al límite inferior de las economías consideradas moderadamente libres.

El área de *Estado de derecho* es claramente la menos desarrollada y de entre sus componentes, el de *Libertad frente a la corrupción (cor)* [$\mu=40.446$, $\sigma=21.270$] es el que presenta una mediana menor. Los *Derechos de propiedad (prop)* [$\mu=43.277$, $\sigma=24.384$] tienen una puntuación ligeramente mejor pero con algo más de dispersión.

El área de *Gobierno limitado* es la más desarrollada, siendo la *Libertad fiscal (fis)* [$\mu=77.629$, $\sigma=12.252$] la que alcanza mayor puntuación con poca dispersión. El control del *Gasto público (gp)* [$\mu=63.020$, $\sigma=23.453$] también alcanza buena puntuación con mayor dispersión.

Los componentes del área de *Eficacia reguladora* tienen buenas puntuaciones siendo la *Libertad monetaria (mon)* [$\mu=74.521$, $\sigma=7.206$] la de mayor puntuación entre ellas y menor dispersión de todos los índices. Los otros componentes son la *Libertad empresarial (emp)* [$\mu=65.227$, $\sigma=16.827$] y la *Libertad laboral (lab)* [$\mu=61.908$, $\sigma=16.586$].

El área de *Apertura de los mercados* tiene el componente de *Libertad comercial (com)* [$\mu=75.222$, $\sigma=11.362$] que es el índice más desarrollado de todos con una puntuación media de 75. Los otros dos componentes de esta área son *Libertad de inversión (inv)* [$\mu=55.791$, $\sigma=22.949$] y *Libertad financiera (fin)* [$\mu=49.096$, $\sigma=18.928$] que tienen puntuaciones medias en torno a 50 y unas dispersiones de las mayores.

En la Figura 6-2 observamos el diagrama de cajas de la variable que recoge el *Índice de Libertad Económica (ile)* separado por regiones. En él se puede observar cómo el mayor valor de la mediana de las regiones se corresponde con Europa, seguida de América. Nos encontramos con la existencia de valores atípicos en varias regiones. En

Europa destacan en la parte baja Ucrania (UKR). En África, en la parte baja encontramos a Zimbabue (ZWE) y sorprende encontrar a la República de Mauricio (MUS) y a Botsuana (BWA) como unos de los países con mayor libertad económica del mundo, con una puntuación de 76,5 y 72,0 respectivamente. En América nos encontramos a Cuba y Venezuela como valores atípicos en la parte baja.

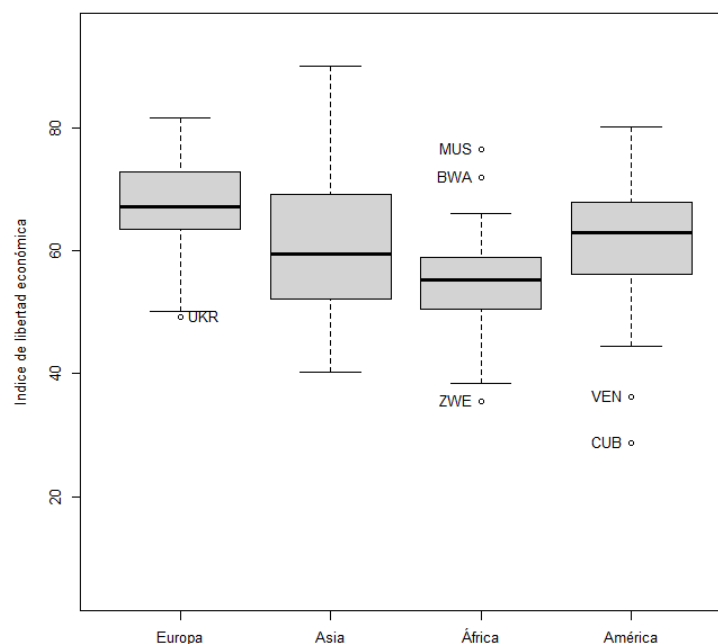


Figura 6-2: Diagrama de cajas para el Índice de Libertad Económica del año 2014, por regiones

Si realizamos los correspondientes diagramas de caja para cada uno de los diez índices específicos de libertad económica podemos observar las diferencias entre ellos. En primer lugar estudiaremos cada uno de los índices por regiones y posteriormente analizaremos el conjunto de ellos en cada región.

En la Figura 6-3 mostramos los diagramas de caja de las dos variables que componen el área de *Estado de Derecho*: los *Derechos de propiedad* y la *Libertad frente a la corrupción*. Destaca en ambos conceptos la puntuación elevada de Europa si bien tiene un rango intercuartílico amplio. Se observan peores puntuaciones en *Libertad frente a la corrupción* que en *Derechos de propiedad*, destacando las puntuaciones altas de Nueva Zelanda (NZL) y Singapur (SGP) en *Libertad frente a la corrupción*. En este

mismo concepto en África destacan, aunque con puntuaciones no más altas que varios países europeos, Botsuana (BWA), Cabo Verde (CVP), República de Mauricio (MUS) y Seychelles (SYC).

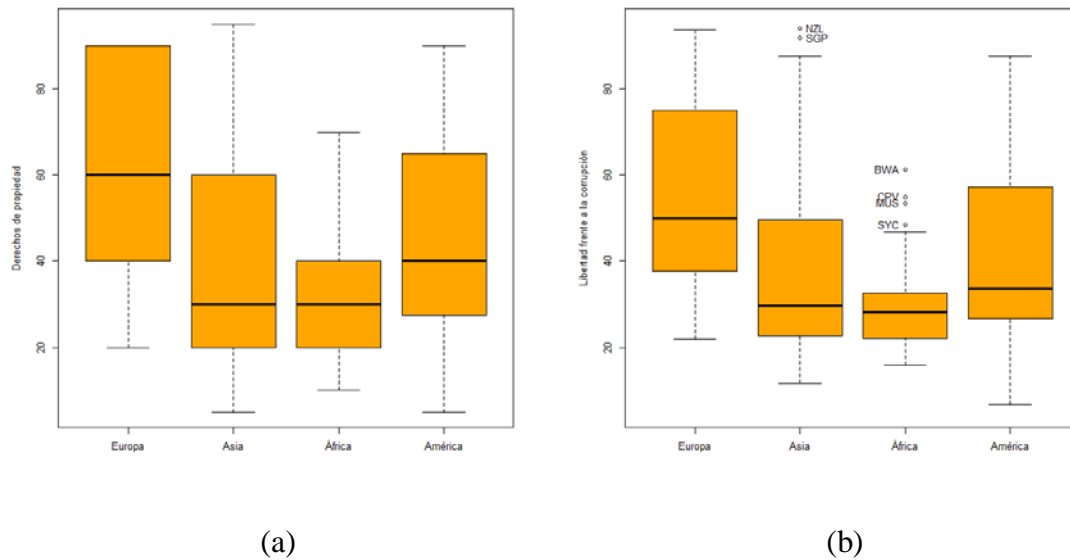


Figura 6-3: Estado de Derecho: Derechos de propiedad (a) y Libertad frente a la corrupción (b)

La representación de las puntuaciones del área de Gobierno limitado podemos verlas en la Figura 6-4. La Libertad fiscal tiene alta puntuación en todas las zonas geográficas, sobresaliendo la correspondiente a Asia; Europa es la zona con menor puntuación y mayor dispersión; destacan en América, por la parte alta, Bahamas (BHS) y Paraguay (PRY). La libertad de control del Gasto público destaca de forma negativa en una zona geográfica supuestamente muy desarrollada como es Europa, teniendo una puntuación en la mediana menor de 50; algunos países tienen una puntuación nula: Kiribati (KIR), Micronesia (FSM), Timor Oriental (TLS), Lesoto (LSO) y Cuba (CUB).

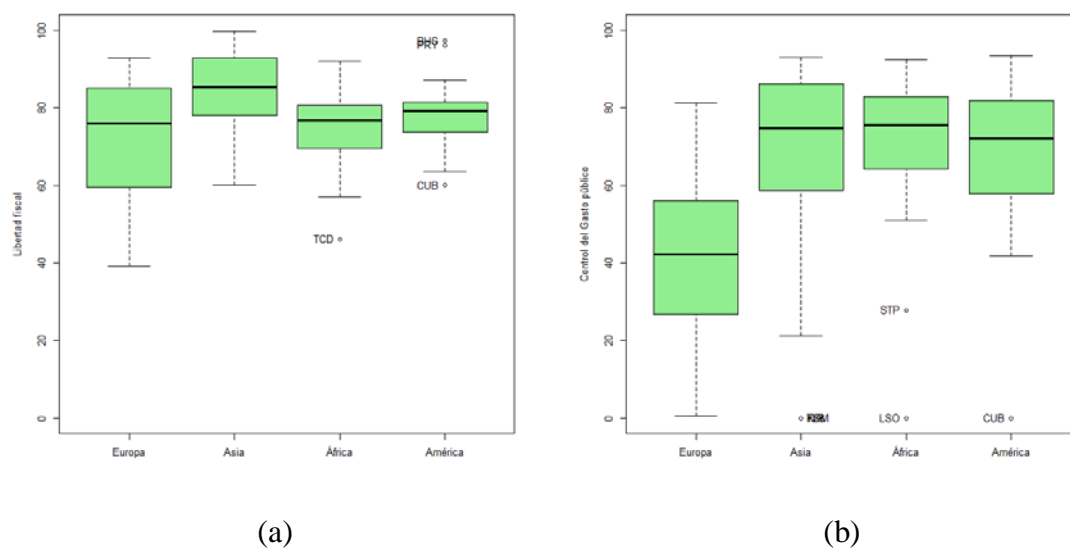


Figura 6-4: Gobierno limitado: Libertad fiscal (a) y Gasto público (b)

En la Figura 6-5 y en la Figura 6-6a se muestran las puntuaciones del área de *Eficacia reguladora*. La *Libertad monetaria* tiene una puntuación alta y poca dispersión en todas las regiones; destaca Níger (NER) en África por su alta puntuación. La *Libertad empresarial* está menos desarrollada en África y destaca en Europa. En la *Libertad laboral* destaca la puntuación de Asia.

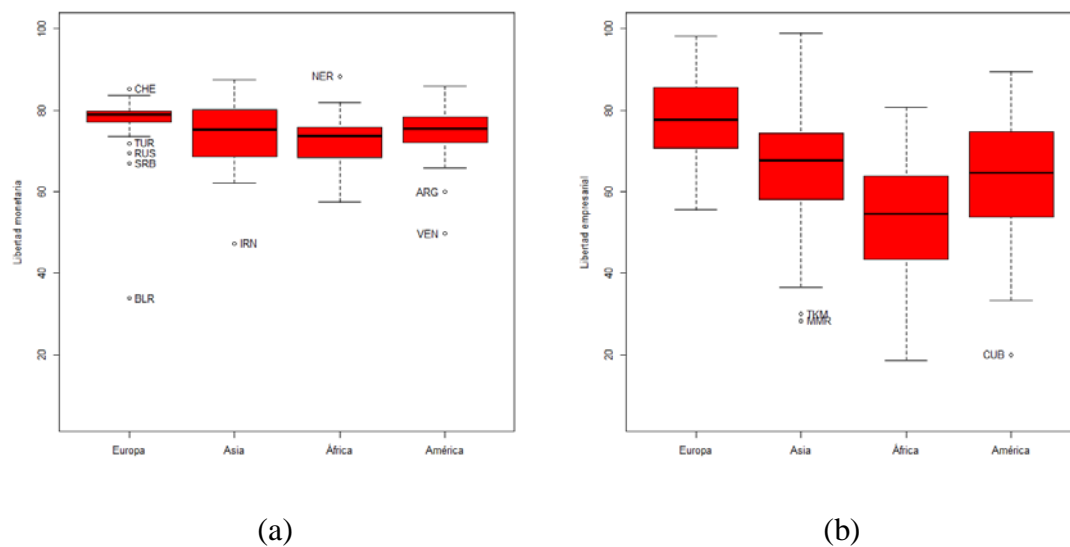


Figura 6-5: Eficacia reguladora: Libertad monetaria (a), Libertad empresarial (b)

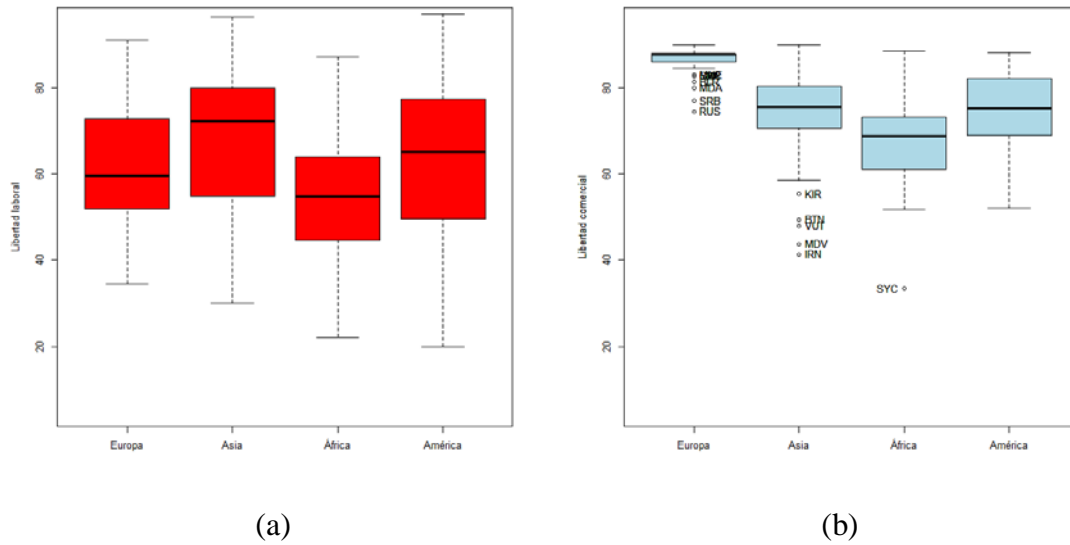


Figura 6-6: Eficacia reguladora: Libertad laboral (a). Apertura de los mercados: Libertad comercial (b)

Las puntuaciones del área de *Apertura de los mercados* se muestran en la Figura 6-6b y en la Figura 6-7. Nuevamente, países con mayor desarrollo económico como Europa, consiguen mayor puntuación en *Libertad comercial*, aunque es un área bastante desarrollada en todas las regiones. La *Libertad de inversión* tiene buena puntuación en Europa y América pero en gran parte de Asia tiene malas puntuaciones. De forma similar se comporta la *Libertad financiera*, aunque con menores puntuaciones.

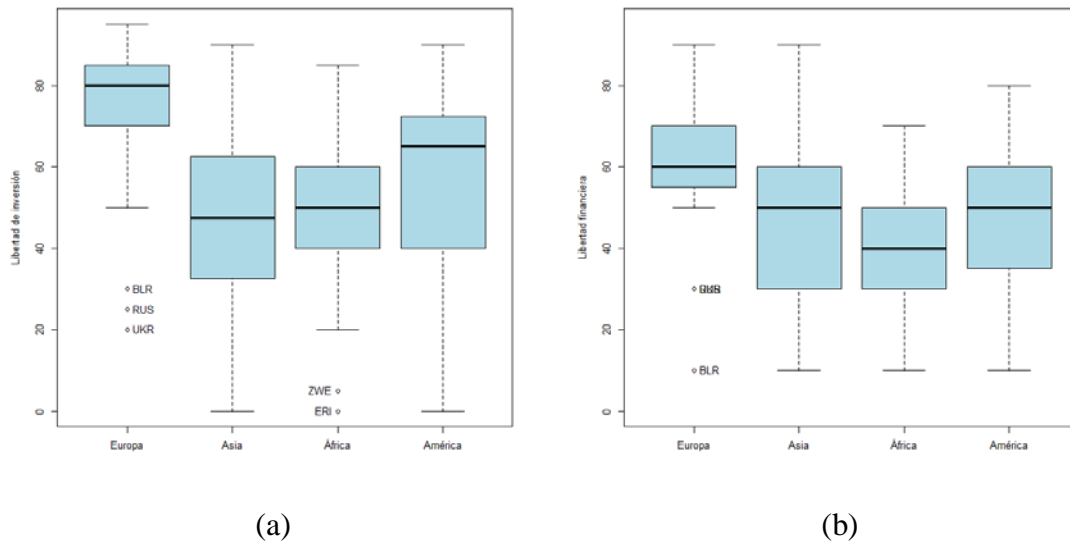


Figura 6-7: Apertura de los mercados: Libertad de inversión (a) y Libertad financiera (b)

Observando la misma información para cada una de las regiones establecidas se puede ver el estado de cada índice de libertad en la región (Figura 6-8). Las conclusiones son las mismas que las mencionadas anteriormente.

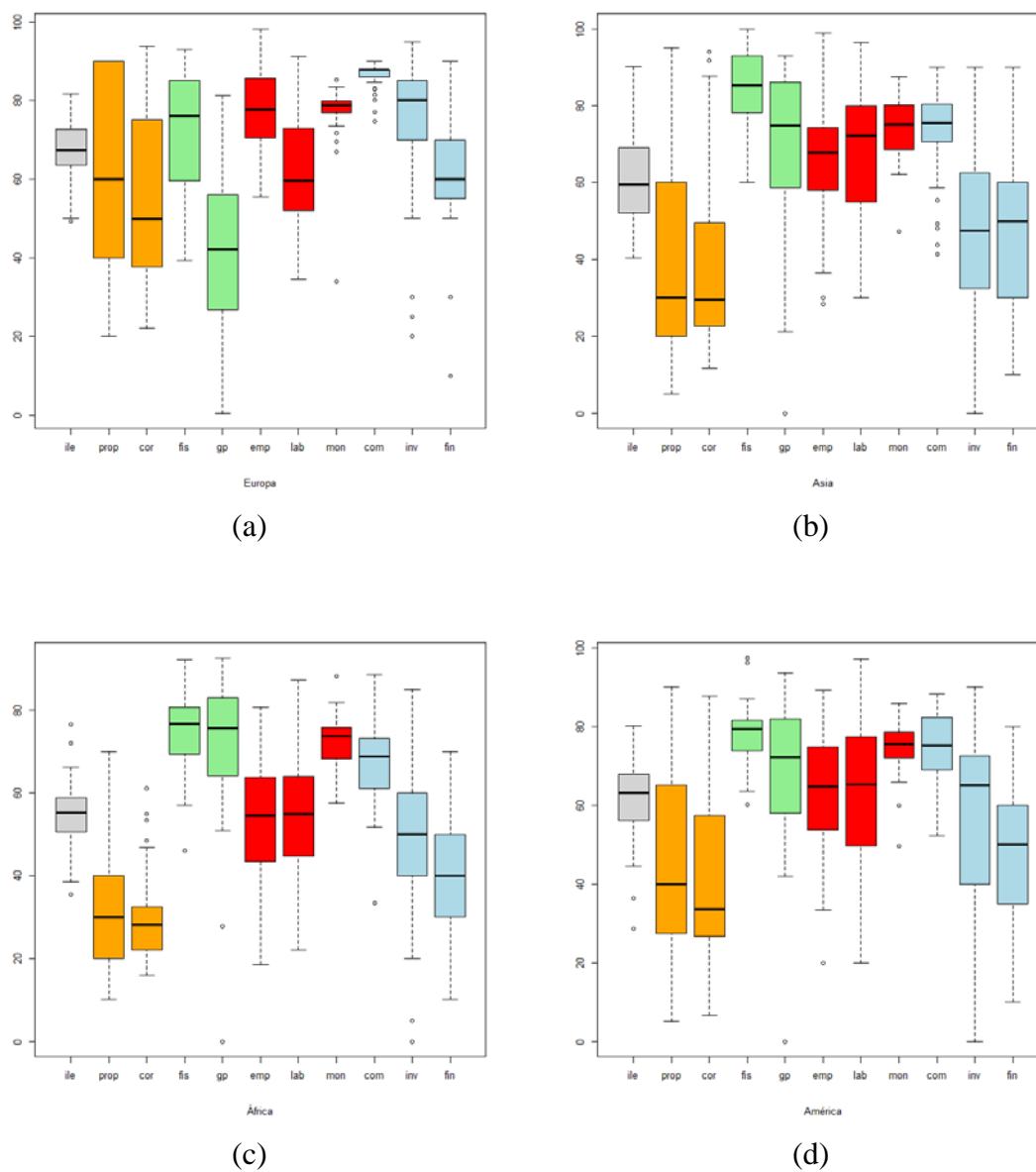


Figura 6-8: Índices de libertad por regiones: Europa (a), Asia (b), África (c), América (d)

Caracterización de los países con mejor y peor puntuación en el Índice de Libertad Económica

Con objeto de determinar qué características son las más importantes en los países con mejor puntuación y los de peor puntuación en el ranking de Libertad Económica del año 2014, procedemos a seleccionar los datos de los 25 países con mayor y menor puntuación en el *Índice de Libertad Económica 2014*. Los países seleccionados los podemos ver en la Tabla 6-1.

Top-25		rk	Down-25		rk
HKG	Hong Kong	1	CUB	Cuba	177
SGP	Singapur	2	ZWE	Zimbabue	176
AUS	Australia	3	VEN	Venezuela	175
CHE	Suiza	4	IRN	Irán	173
NZL	Nueva Zelandia	5	TKM	Turkmenistán	171
CAN	Canadá	6	COG	Congo, Rep.	169
CHL	Chile	7	GNQ	Guinea Ecuatorial	168
MUS	Mauricio	8	TCD	Chad	167
IRL	Irlanda	9	ARG	Argentina	166
DNK	Dinamarca	10	UZB	Uzbekistán	163
EST	Estonia	11	MMR	Birmania	162
USA	Estados Unidos	12	CAF	República Centroafricana	161
BHR	Bahréin	13	ECU	Ecuador	159
GBR	Reino Unido	14	BOL	Bolivia	158
NLD	Países Bajos	15	HTI	Haití	156
LUX	Luxemburgo	16	UKR	Ucrania	155
TWN	Taiwán	17	LSO	Lesoto	154
DEU	Alemania	18	TGO	Togo	152
FIN	Finlandia	19	ETH	Etiopia	151
SWE	Suecia	20	BLR	Bielorrusia	150
LTU	Lituania	21	NPL	Nepal	149
GEO	Georgia	22	SLE	Sierra Leona	148
ISL	Islandia	23	VNM	Vietnam	147
AUT	Austria	24	DZA	Argelia	146
JPN	Japón	25	LAO	Laos	144

Tabla 6-1: Lista de países top-25 y down-25 en libertad económica

Para generar la lista de países down-25 se han eliminado aquellos países que carecían de datos en todos los periodos manejados. En ambas listas se utilizarán únicamente los datos de los índices desde el año 2005 en adelante, debido a que con anterioridad a esa fecha no se recogían datos para el índice de la *Libertad laboral*.

Los datos de cada país son los definidos en el apartado 5.4.2, seleccionando únicamente los correspondientes al período comprendido entre los años 2005 y 2014 por los motivos citados anteriormente. Las dimensiones efectivas del cubo que vamos a tratar en cada uno de los dos casos son 25 filas (países), 11 columnas (índices) y 10 situaciones, además de las variables de etiquetas y determinación de los periodos.

1. Características de la lista top-25

Con el cubo de datos de los 25 países que han obtenido la mejor puntuación en el año 2014 realizamos un estudio utilizando el análisis Biplot Dinámico.

Fijamos la situación de referencia en el año 2014, y utilizamos un análisis HJ-Biplot con los datos centrados por la media de las variables en la situación de referencia, obteniendo una inercia en el plano 1-2 del 73%. El gráfico obtenido se muestra en la Figura 6-9 donde se han ocultado los elementos con una inercia acumulada en el plano menor de 400 (variables: *Libertad empresarial*, *Libertad monetaria*, *Libertad comercial*, *Libertad de inversión* y *Libertad financiera*, y los países: Estonia, Irlanda, Luxemburgo, Japón y Estados Unidos de América).

En la Tabla 6-2 se muestran las inercias de las índices para los primeros cuatro ejes y en la Tabla 6-3 para los países. Se utilizan los mismos colores y marcas por regiones que los usados anteriormente.

Al estar analizando los países con mayor libertad económica, en el análisis actual obtendremos las diferencias existentes en los diversos índices de libertad, entendiendo que aquellas que no están bien representadas, así como los países, no es debido a una mala puntuación sino a encontrarse en puntuaciones similares entre ellos. Es el caso de los índices de las áreas de *Apertura de mercados* y *Eficacia reguladora*, salvo en el índice de *Libertad laboral*, y países como Japón o los Estados Unidos de América.

El eje 1 está caracterizado por las variables del área *Gobierno limitado* (*Libertad fiscal* y control de *Gasto público*), mientras que el eje 2 lo está por el *Índice de Libertad*

Económica y el indicador de *Libertad laboral*. Las variables del área *Estado de derecho* (*Derechos de propiedad, Libertad frente a la corrupción*), son variables de plano.

Entre los países representados, que son los 25 países con mejor puntuación en el *Índice de Libertad Económica*, todos los pertenecientes a Europa, salvo Suiza y Dinamarca, tienen puntuaciones menores a la media y destacan por su menor puntuación en *Libertad laboral* y muchos de ellos, a su vez, en control de *Gasto público* y *Libertad fiscal*.

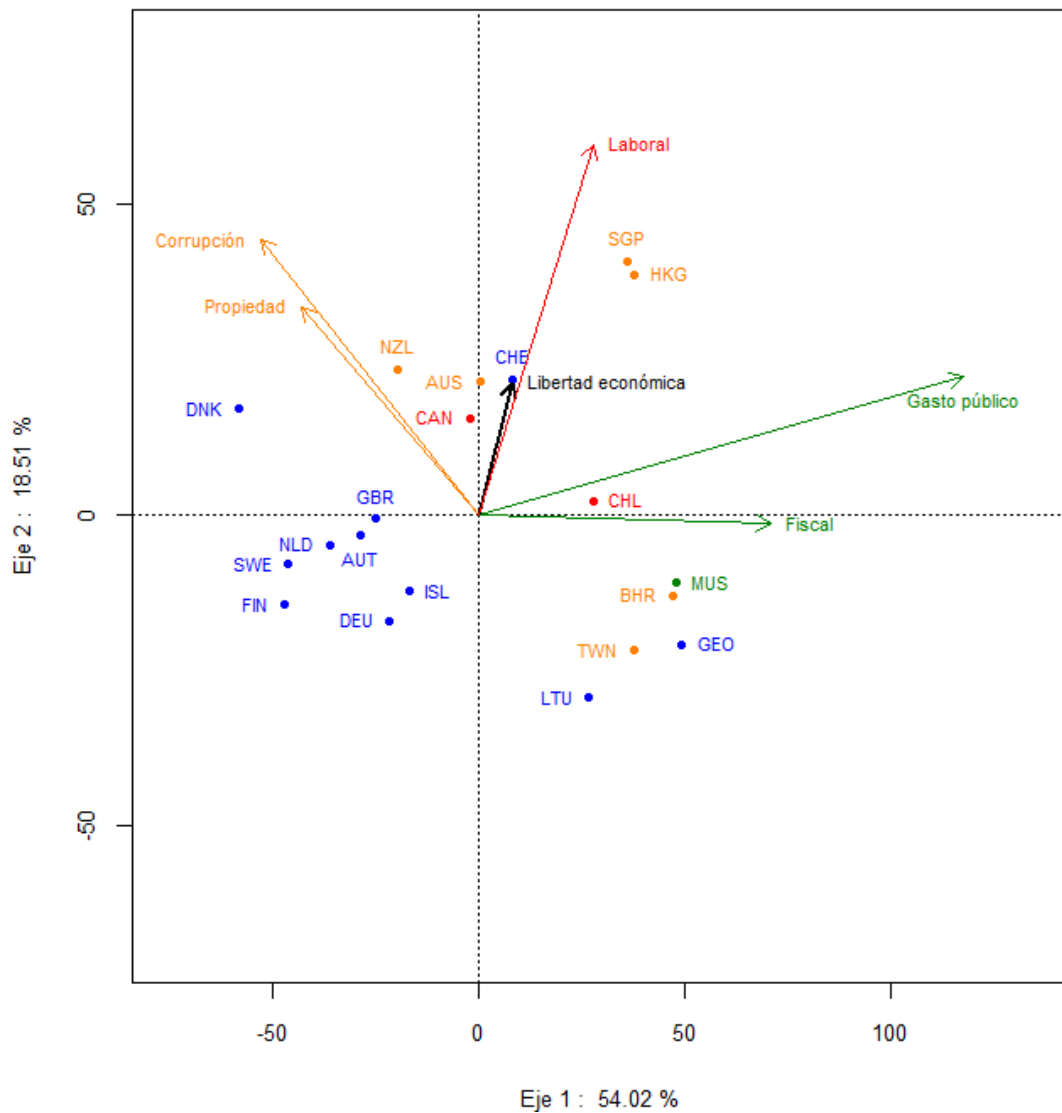


Figura 6-9: Análisis estático de los 25 países con mejor puntuación. Referencia 2014.

Los países con mejores puntuaciones en el índice global destacan por sus avances en *Libertad laboral, Derechos de propiedad y Libertad frente a la corrupción* y, en general, los países de América del Norte y Europa tienen peores puntuaciones en las variables del área *Gobierno limitado (Libertad fiscal y control de Gasto público)*.

Con la etapa 2 del Biplot Dinámico analizamos la evolución habida en las variables y en los países a lo largo del periodo estudiado, 2005-2014.

Var	Eje1	Eje2	Eje3	Eje4
Libertad económica	111	783	61	28
Propiedad	422	256	212	23
Corrupción	496	348	84	21
Fiscal	802	0	1	28
Gasto público	879	31	72	5
Empresarial	70	145	22	32
Laboral	107	494	382	1
Monetaria	0	88	24	162
Comercial	42	77	9	50
Inversión	149	18	164	244
Financiera	55	246	50	585

Tabla 6-2: Inercia de los índices en los cuatro primeros ejes

Var	Eje1	Eje2	Eje3	Eje4
AUT	589	8	141	23
DNK	751	64	144	22
EST	74	243	363	97
FIN	776	72	26	31
GEO	574	101	268	2
DEU	426	260	252	7
ISL	272	139	1	205
IRL	332	1	180	0
LTU	359	429	9	163
LUX	174	156	557	4
SWE	879	25	33	0
CHE	75	566	37	47
NLD	933	16	20	4
GBR	770	0	40	46
AUS	0	627	116	32
HKG	440	464	37	38
JPN	4	39	162	736
NZL	318	450	85	1
SGP	408	517	39	1
TWN	503	178	70	65
BHR	763	57	61	50
MUS	906	47	2	4
CHL	462	3	280	65
CAN	11	592	9	7
USA	19	102	657	99

Tabla 6-3: Inercia de los 25 primeros países del ranking en los cuatro primeros ejes

Las trayectorias de las variables las podemos observar en el Figura 6-10.

En la Tabla 6-4 se muestran los coeficientes de determinación de las proyecciones en el plano 1-2. Hemos marcado en rojo los coeficientes que tienen un valor no significativo el estadístico F del ANOVA de la regresión. Todos ellos se corresponden con variables mal representadas en este plano. Los coeficientes R^2 de las variables mal representadas son inferiores al 50%.

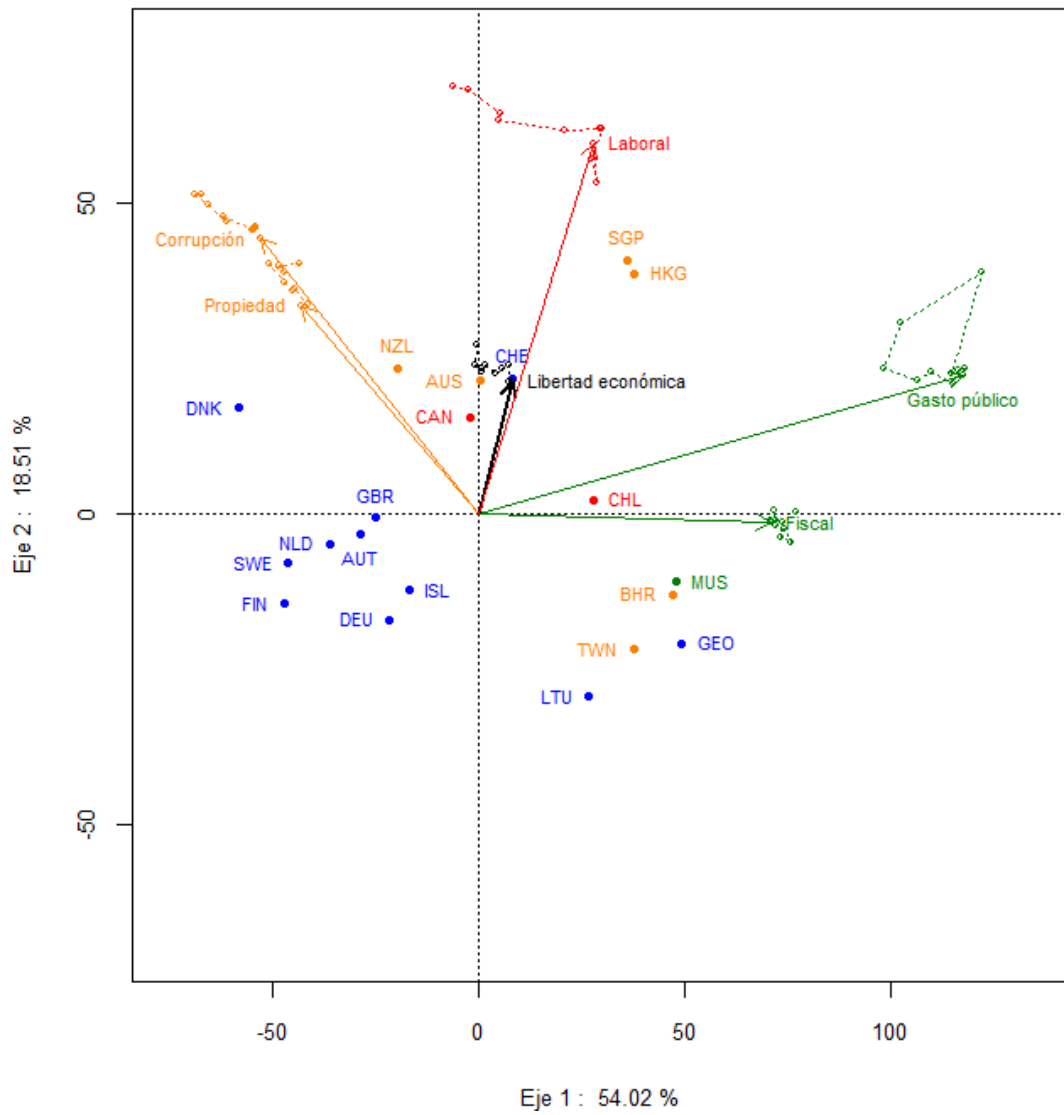


Figura 6-10: Trayectorias de los índices de la lista de los 25 mejores países. Referencia 2014

R ²	ile	prop	cor	fis	gp	emp	lab	mon	com	inv	fin
2005	0,6165	0,6302	0,7658	0,814	0,8911	0,4228	0,6404	0,041	0,2628	0,2631	0,1107
2006	0,6901	0,6302	0,7974	0,7933	0,8974	0,5545	0,5948	0,1502	0,321	0,105	0,0864
2007	0,6961	0,6399	0,7903	0,7848	0,9002	0,5045	0,4746	0,3807	0,3641	0,1481	0,0755
2008	0,7694	0,6537	0,8032	0,8011	0,8993	0,4561	0,4704	0,3476	0,2447	0,1609	0,1971
2009	0,8018	0,7048	0,8503	0,7973	0,8848	0,4291	0,4923	0,4568	0,2964	0,1772	0,2176
2010	0,858	0,7539	0,858	0,7992	0,8703	0,3002	0,5368	0,3409	0,1162	0,1725	0,1802
2011	0,8541	0,746	0,8789	0,8125	0,7813	0,3131	0,5484	0,2862	0,074	0,1315	0,2154
2012	0,8916	0,7232	0,8464	0,7982	0,8664	0,3012	0,5146	0,1633	0,1186	0,1283	0,2683
2013	0,8938	0,7112	0,8458	0,8028	0,9075	0,233	0,5162	0,1167	0,1453	0,1126	0,3223
2014	0,8931	0,6782	0,8439	0,8022	0,9103	0,215	0,6013	0,0882	0,119	0,1677	0,3009

Tabla 6-4: Coeficientes de determinación de las variables, en el plano 1-2.

La trayectoria correspondiente al *Índice de Libertad Económica* no presenta mucha variación a lo largo del periodo estudiado, con una aproximación hacia la *Libertad laboral* y un incremento en el control del *Gasto público*.

Las trayectorias de *Derechos de propiedad* y *Libertad frente a la corrupción* presentan un acercamiento hacia el centro, lo que indica que entre los países con mayor libertad económica las variables de *Estado de Derecho* han sufrido un retroceso en el transcurso de este periodo.

La trayectoria de *Libertad laboral* ha sufrido un desplazamiento hacia el índice general desde el comienzo del periodo estudiado hasta el año 2011, estabilizándose en los últimos años.

El índice de *Libertad fiscal* prácticamente no ha sufrido variación mientras que el de control de *Gasto público* después de un acercamiento hacia el centro hasta el año 2010, se incrementó notablemente hasta el año 2012, situándose en 2014 a niveles de comienzo del periodo de estudio.

Las trayectorias que han tenido estos países durante este periodo son, en general, cortas y estables. Podemos verlas en la Figura 6-11. La etiqueta está situada en la referencia.

Para apreciar mejor las trayectorias hemos procedido a ocultar algunos elementos y a ampliar la imagen, mostrando en la Figura 6-12 alguna de ellas.

Alemania (DEU), aun teniendo una puntuación menor que la media, durante este periodo se ha ido acercando a la media. Finlandia (FIN) está retrocediendo algo desde el

año 2010, sobre todo en control del *Gasto público*. Países Bajos (NDL) está prácticamente igual que al inicio del periodo.

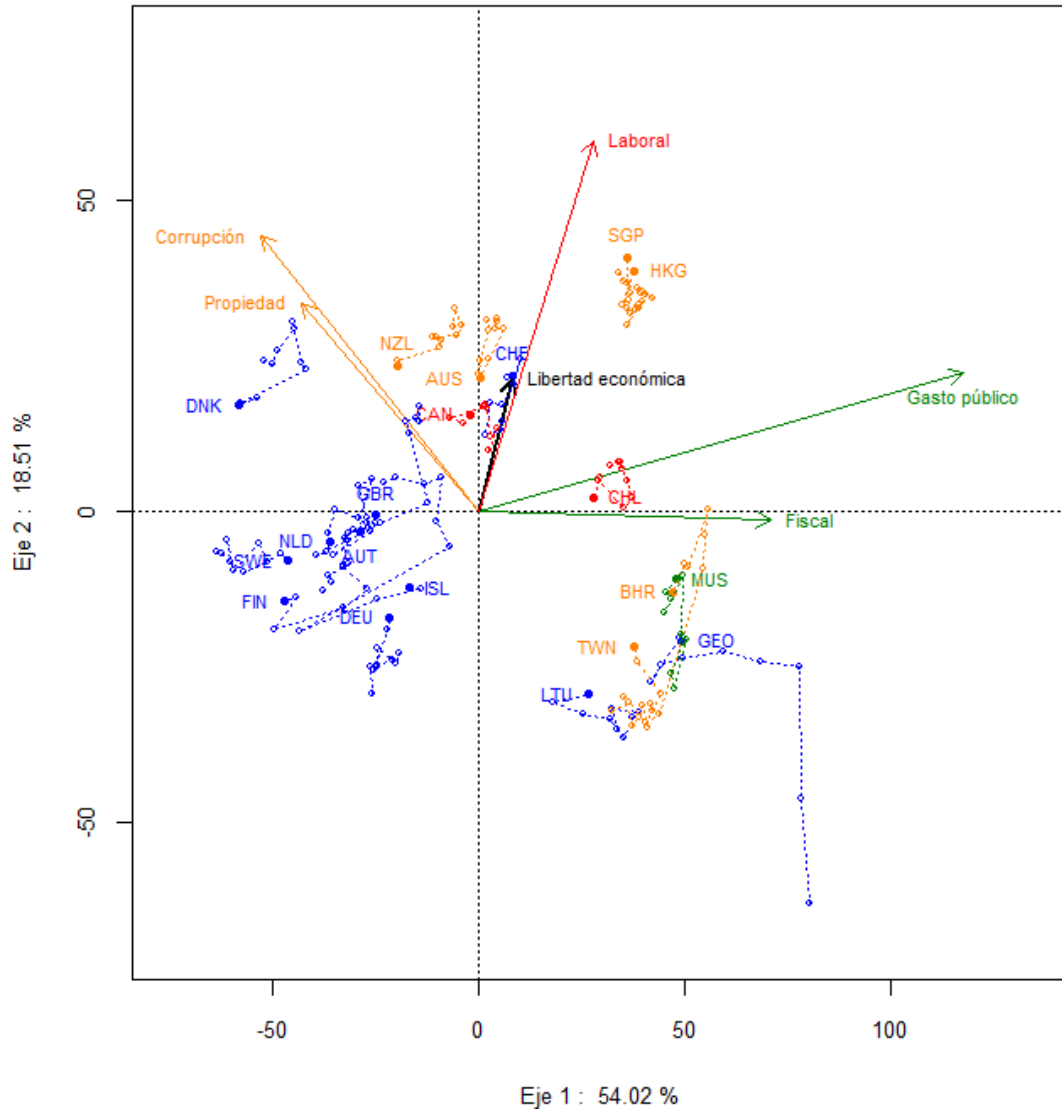


Figura 6-11: Trayectorias de los 25 mejores países. Referencia 2014

No representadas en la Figura 6-12, Islandia (ISL) y Reino Unido (GBR) tienen trayectorias mayores. Islandia ha perdido puntuación en el área de *Estado de derecho* (índices de *Libertad frente a la corrupción* y *Derechos de propiedad*) pero el mayor cambio se produjo en 2011 con muy malas puntuaciones en control del *Gasto público*.

Reino Unido pierde puntuación desde el año 2009 en *Libertad frente a la corrupción* y desde 2010 en control del *Gasto público*.

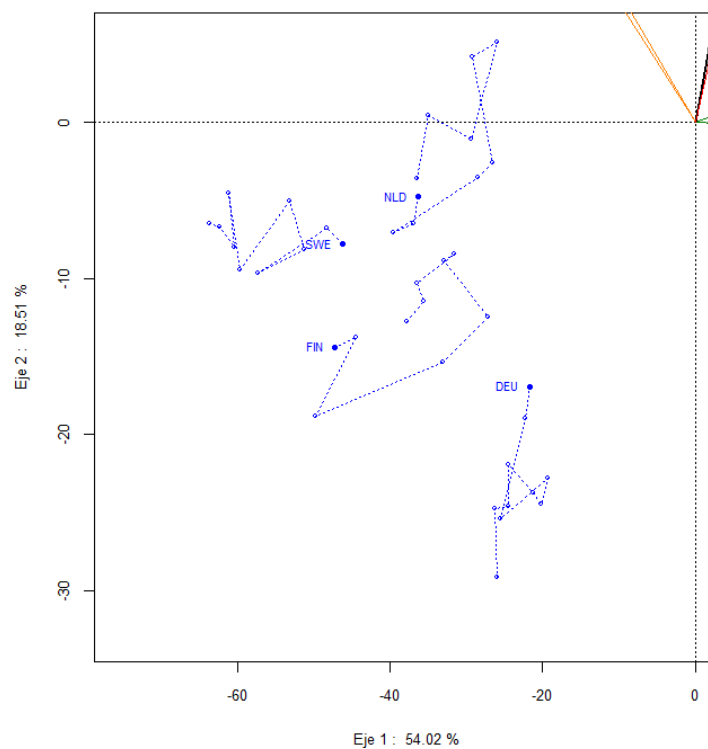


Figura 6-12: Detalle de trayectorias de países

Georgia (GEO) ha conseguido gran mejoría en *Libertad frente a la corrupción* y *Libertad laboral* en los tres primeros periodos del estudio, teniendo pérdida de puntuación en control del *Gasto público*. Bahreín (BHR) tiene una ganancia importante en la puntuación de *Libertad laboral*, aunque ha disminuido en los tres últimos años, y una pérdida apreciable en la puntuación de *Libertad frente a la corrupción*.

2. Características de la lista down-25

Con el cubo de datos de los 25 países que han obtenido las peores puntuaciones en el *Índice de Libertad Económica* en el año 2014, con las salvedades mencionadas, realizamos un estudio utilizando un análisis Biplot Dinámico. En esta lista están incluidos

países con economías muy deprimidas y países con regímenes políticos muy autoritarios, apareciendo algunos como Argentina, Bolivia, Ecuador y Venezuela.

El estudio estático lo realizamos fijando la situación de referencia en el año 2014 y utilizamos un análisis HJ-Biplot con los datos centrados, de forma similar a los análisis anteriores. El gráfico se muestra en la Figura 6-13.

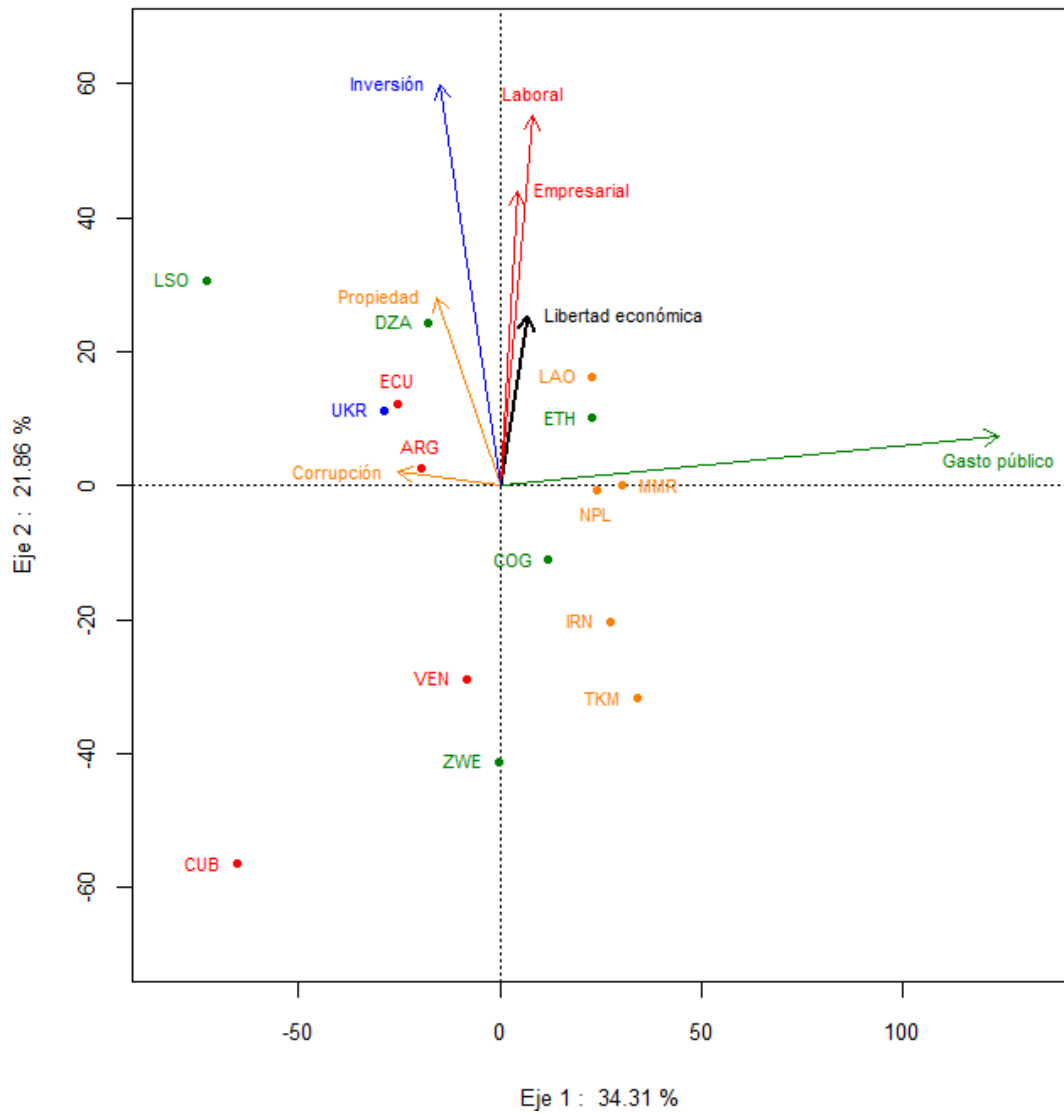


Figura 6-13: Análisis estático de los 25 países con peor puntuación en el Índice de Libertad Económica del año 2014.

En el análisis obtenemos una inercia en el plano 1-2 del 56%. La Figura 6-13 muestra los resultados donde se han ocultado aquellos elementos con una inercia acumulada en el plano menor de 300 (variables: *Libertad fiscal*, *Libertad monetaria*, *Libertad comercial* y *Libertad financiera*, y los países: Bielorrusia, Uzbekistán, Vietnam, República Centroafricana, Chad, Guinea Ecuatorial, Sierra Leona, Togo, Bolivia y Haití). En la Tabla 6-5 se muestran las inercias de las índices para los primeros cuatro ejes y en la Tabla 6-6 para los países. Se utilizan los mismos colores por regiones que los usados anteriormente.

Var	Eje1	Eje2	Eje3	Eje4
Libertad económica	65	845	0	22
Propiedad	117	370	0	86
Corrupción	530	3	2	78
Fiscal	176	50	429	9
Gasto público	963	3	28	2
Empresarial	3	341	355	251
Laboral	12	521	128	274
Monetaria	15	2	349	33
Comercial	25	123	177	46
Inversión	28	458	424	2
Financiera	107	185	227	63

Tabla 6-5: Inercia de los índices, en los cuatro primeros ejes

Var	Eje1	Eje2	Eje3	Eje4
BLR	1	290	463	61
UKR	477	73	121	17
MMR	383	0	34	529
NPL	400	0	40	239
TKM	388	339	28	9
UZB	117	3	746	12
VNM	41	255	349	31
IRN	299	167	170	56
CAF	200	3	744	2
TCD	4	2	833	34
GNQ	22	11	533	5
ETH	510	100	53	24
LSO	830	147	2	1
COG	215	181	334	47
SLE	127	89	243	123
TGO	114	63	538	52
ZWE	0	882	25	10
ARG	610	10	3	7
BOL	22	14	3	253
CUB	556	414	3	8
ECU	675	155	14	1
HTI	1	200	114	533
VEN	51	607	130	3
LAO	499	253	5	26
DZA	250	469	3	163

Tabla 6-6: Inercia de los 25 países con peor puntuación en el ranking de libertad económica, en los cuatro primeros ejes

El eje 1 está caracterizado por las variables de control del *Gasto público* y, en sentido opuesto, por la *Libertad frente a la corrupción*. El eje 2 está muy correlacionado con la *Libertad de inversión*, *Libertad laboral*, *Libertad empresarial*, *Derechos de propiedad* y el *Índice de Libertad Económica*.

De entre los países con mejores puntuaciones en el índice global destaca por una parte, Lesoto (LSO) y un grupo (Argelia (DZA), Laos (LAO), Ecuador (ECU), Etiopía (ETH), Ucrania (UKR) y Argentina (ARG)), con mejores puntuaciones en todos los índices que caracterizan el eje 2. En sentido contrario destacan Cuba (CUB), Zimbabue (ZWE), Turkmenistán (TKM) y Venezuela (VEN).

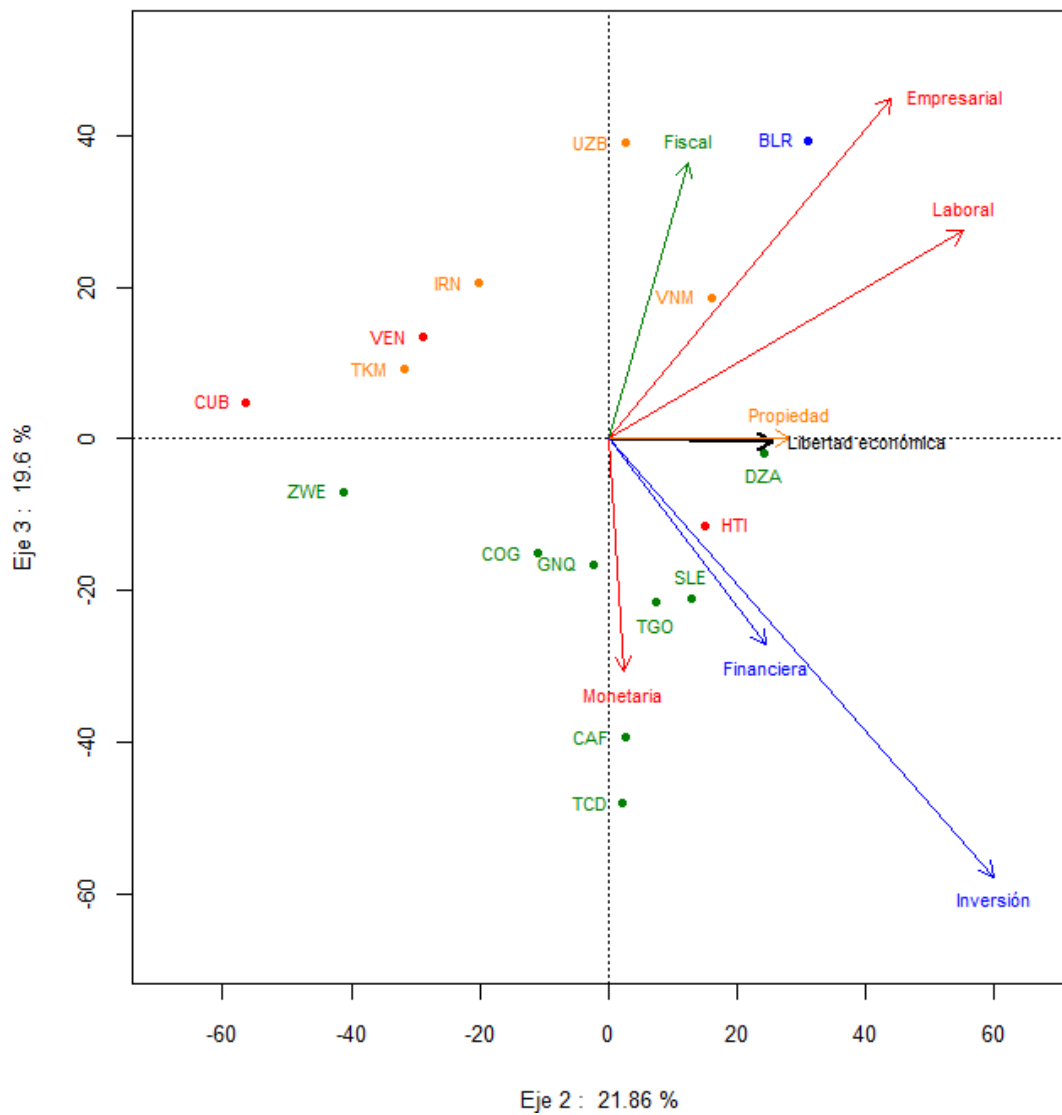


Figura 6-14: Análisis de la lista de los 25 países con menor puntuación en el índice: plano 2-3, referencia año 2014.

En este conjunto de países la principal diferencia entre los índices la marca las actividades de los gobiernos tanto en su faceta de control del gasto como en la corrupción

existente. Teniendo en cuenta que el eje 3 también recoge una cantidad importante de inercia (19,6%) el resto del epígrafe lo vamos a realizar analizando el plano 2-3, que acumula una inercia del 41%. La representación del plano 2-3 podemos verla en la Figura 6-14, donde se han ocultados los elementos con inercia en el plano menor de 300 (variables: *Libertad frente a la corrupción*, control del *Gasto público* y *Libertad comercial*, y los países: Ucrania, Birmania, Nepal, Etiopía, Lesoto, Argentina, Bolivia, Ecuador y Laos).

El eje 1 de este plano está caracterizado por las variables del *Índice de Libertad Económica* y los *Derechos de Propiedad*. El eje 2 discrimina entre las variables de *Libertad fiscal* y *Libertad monetaria*, y entre las variables de plano *Libertad empresarial* y *Libertad laboral*, por una parte, y *Libertad de inversión* y *Libertad financiera* por otra.

Los países que destacan de forma positiva son Bielorrusia (BLR), Vietnam (VNM), Argelia (DZA), Haití (HTI) y Sierra Leona (SLE), donde los dos primeros junto con Uzbekistán (UZB) también destacan en las *libertades empresarial, laboral y fiscal*, y los últimos, junto con Togo (TGO), lo hacen en las *libertades de inversión, financiera y monetaria*. La República Centroafricana (CAF) y Chad (TCD) destacan en *Libertad monetaria*. Se aprecia que los países africanos disfrutan de mayor *Libertad monetaria, financiera* y de *inversión*.

La evolución de las variables y de los países durante el periodo 2005-2014 que estamos estudiando la realizamos en el paso 2 del Biplot Dinámico. Las trayectorias de las variables están representadas en la Figura 6-15.

En la Tabla 6-7 se muestran los coeficientes de determinación de las proyecciones en el plano 2-3. Hemos marcado en rojo los coeficientes que tienen un valor no significativo en el estadístico F del ANOVA de la regresión. Todos ellos se corresponden con variables mal representadas en este plano.

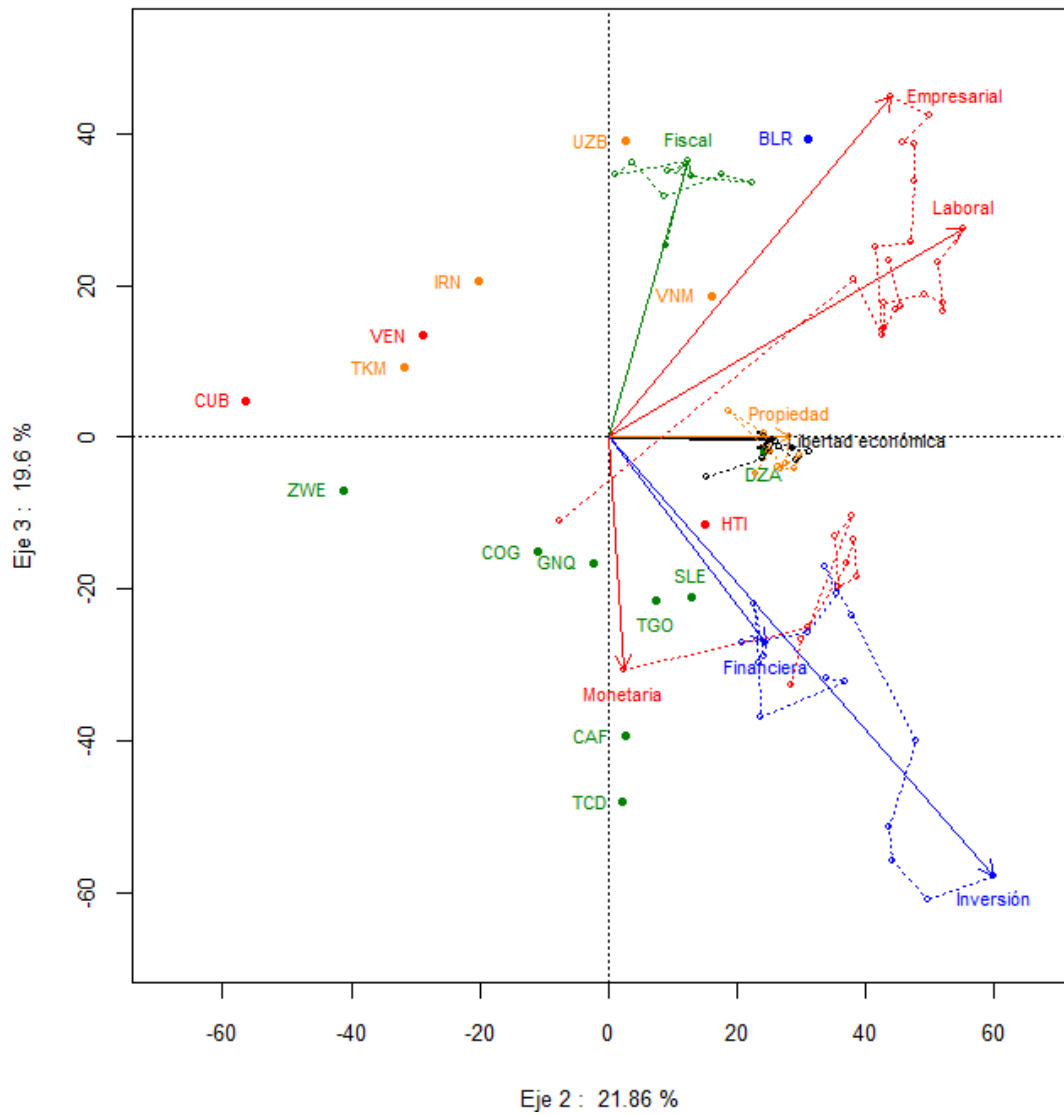


Figura 6-15: Trayectorias de los índices de la lista de los 25 peores países, plano 2-3. Referencia 2014

R ²	ile	prop	cor	fis	gp	emp	lab	mon	com	inv	fin
2005	0,3224	0,182	0,1569	0,2039	0,1253	0,0886	0,4239	0,226	0,2641	0,2579	0,3161
2006	0,5301	0,2003	0,1441	0,3398	0,1791	0,3562	0,5054	0,226	0,1901	0,4057	0,3777
2007	0,5667	0,1443	0,0059	0,4303	0,2014	0,3821	0,471	0,2777	0,1281	0,4773	0,2818
2008	0,567	0,2425	0,03	0,4231	0,2285	0,4207	0,4115	0,2794	0,0494	0,4896	0,2667
2009	0,5584	0,3	0,0469	0,3889	0,1984	0,4749	0,4479	0,2846	0,1363	0,5613	0,2419
2010	0,6564	0,353	0,0289	0,3822	0,1769	0,4945	0,508	0,2769	0,3021	0,7319	0,4119
2011	0,6503	0,3883	0,0148	0,3057	0,1361	0,5533	0,5526	0,2341	0,3179	0,752	0,4119
2012	0,669	0,3519	0,0074	0,3694	0,0421	0,5592	0,6338	0,2642	0,344	0,7962	0,4119
2013	0,7151	0,3709	0,0026	0,3687	0,029	0,6198	0,588	0,249	0,3163	0,8041	0,4122
2014	0,8456	0,3695	0,0054	0,4796	0,0309	0,696	0,6495	0,3511	0,3	0,8822	0,4122

Tabla 6-7: Coeficientes de determinación de las variables, plano 2-3

Los coeficientes R^2 que superan el 50% se corresponden con las variables *Índice de Libertad Económica*, *Libertad empresarial* y *Libertad laboral*. La trayectoria de la primera tiene un recorrido corto permaneciendo muy estable. Descartando el primer periodo de *Libertad empresarial*, por estar mal representado, la trayectoria de ésta y la de la *Libertad laboral* presentan un crecimiento paulatino en todos los periodos.

En las trayectorias de los países, Figura 6-16, se aprecia la tendencia decreciente de la mayoría de ellos, siendo Bielorrusia (BLR) y Uzbekistán (UZB) los únicos con una tendencia clara al alza en los procesos de *Libertad fiscal*, *empresarial* y *laboral*.

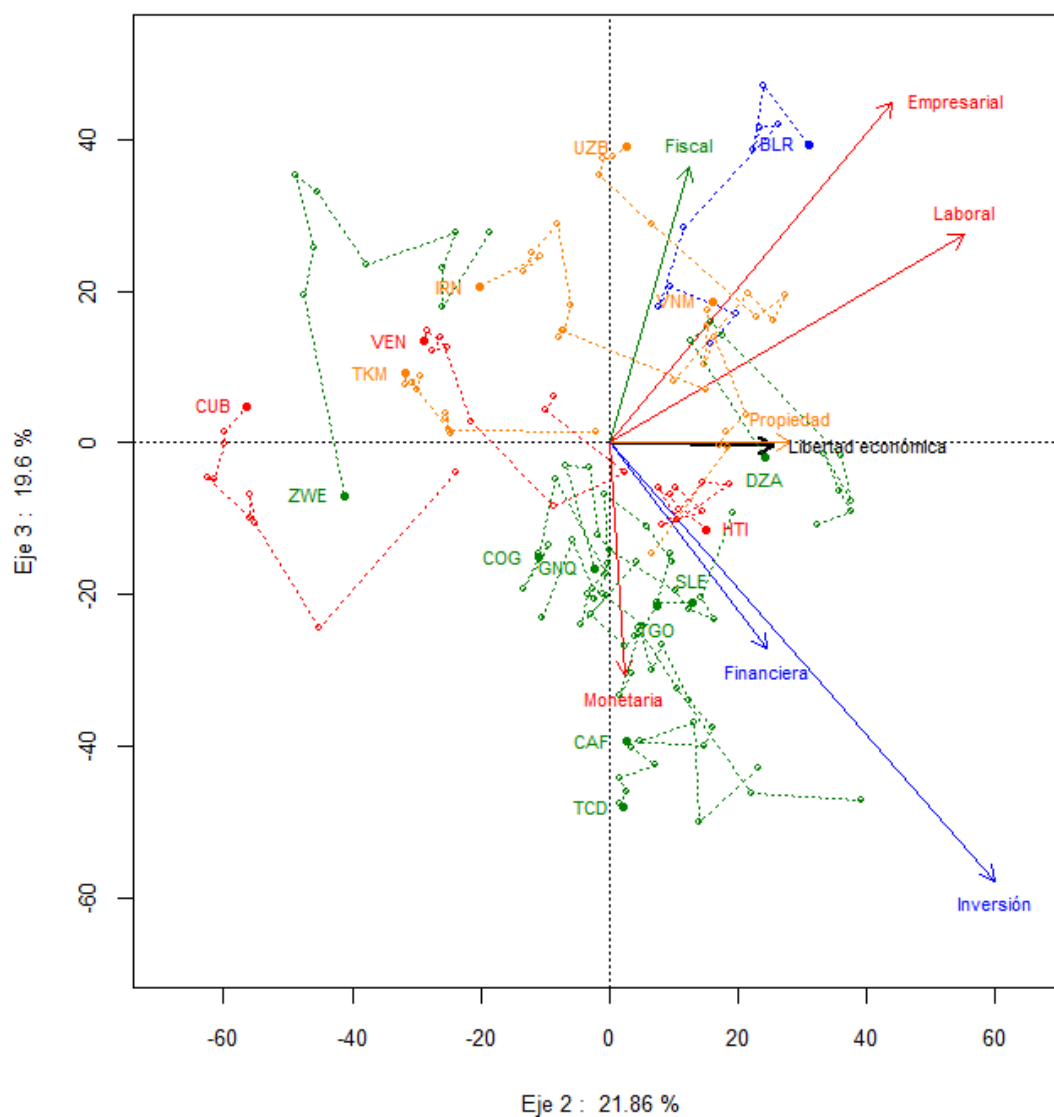


Figura 6-16: Trayectorias de los países de la lista de los 25 peores, plano 2-3, referencia año 2014.