

Primera Entrega - Análisis Multivariado I

Cecilia Aparicio - Luciano Spinelli

Mayo 2021

Resumen ejecutivo

El siguiente trabajo se orientará a analizar las relaciones latentes entre las características socioeconómicas de los países de América Latina y el Caribe, con sus posibilidades de generar desarrollo sustentable. Para ello nos basaremos en las nociones y conceptos dados por CEPAL, OLADE, y GTZ en “Energía y Desarrollo sustentable en América Latina y el Caribe”. De dicho estudio se desprende que la región comenzó a mostrar algunos avances en la reestructura energética entre en el período 1980-2000, pero con ciertas disparidades entre países. A efectos de explicar tales diferencias, se intenta clasificar a cada uno en función de determinados indicadores, que se encuentran agrupados a su vez en 4 dimensiones principales: económica, social, política, y medioambiental.

Los autores entendían que tal clasificación se tornaba compleja al tener que contemplar una cantidad considerable de variables, y que por ese motivo, la clasificación podía no ser precisa. Este tipo de dificultades podrían llegar a superarse aplicando técnicas de análisis multivariado.

El objetivo principal será lograr una clasificación de los países de la región, según su desempeño en determinados indicadores. El procedimiento que entendimos más adecuado, de acuerdo a la estructura de nuestra base de datos (variables cuantitativas), es un Análisis de Componentes Principales. En específico, se harán dos análisis: uno correspondiente a los datos del año 1984 y otro para 1996. Por lo tanto, además de lograr una clasificación regional, queremos encontrar si existen diferencia importantes entre la clasificación generada en cada año, que den indicios de un avance en el desarrollo sustentable.

Realizado el análisis, encontramos que la clasificación generada tanto para 1984 como para 1996 son muy similares. En ambos casos, las principales variaciones en el desempeño de cada país está dada por los indicadores vinculados a dimensiones económica y social, siendo la medioambiental y la política las menos relevantes. Sin embargo, en 1996 entra en la clasificación el indicador de “Emisiones de CO2 per-cápita”, como un indicador significativo, y relacionado de forma positiva a aquellos países que contaban con un buen desempeño económico y de diversificación energética en términos generales. Por ende, podemos intuir que los países que conformaban tal grupo, a pesar de sus buenos resultados en esas dos áreas, no progresaron satisfactoriamente en el concepto de desarrollo sustentable.

Existe también una tercera categoría que sólo contempla 1 o 2 países (dependiendo del año), que tiene un comportamiento diferente al resto, sin llegar a ser extremos. Se relacionan de forma positiva con indicadores como oferta de energía primaria y proporción del consumo energético industrial. Entendemos que se trata de países con un fuerte componente exportador de energía, ya que también mostraron tener niveles bajos de importación energética, pero ambos mostraron un comportamiento diferenciado en cuanto a la “pureza de uso energético” (emisiones de CO2 per-cápita y por unidad de consumo energético).

Las categorías resultantes no coinciden exactamente con las planteadas por los autores en el estudio mencionado. De todas formas, puede hallarse cierta similitud entre nuestra categoría 3 y el Grupo I del estudio (a excepción de Barbados), nuestra categoría 1 y el grupo IV (a excepción de Cuba), y nuestra categoría 2 con el grupo II y III.

Introducción

Desarrollo sustentable en América Latina

Se define el desarrollo sustentable como aquel que distribuye más equitativamente los beneficios del progreso económico, protege al medioambiente nacional y mundial en beneficio de las futuras generaciones y mejore genuinamente la calidad de vida (CEPAL/OLADE/GTZ, 1997).

Existe un fuerte vínculo entre el desarrollo y la energía, siendo este último un insumo fundamental para ello. Sin embargo, debe prestarse especial atención al efecto negativo que puede tener tal desarrollo en el medioambiente, tanto en la disponibilidad futura de recursos energéticos, como otras condicionantes negativas medioambientales relacionadas a la contaminación (más aún a nivel local), como al cambio climático. Aquí es donde entra en juego la noción de sustentabilidad.

El estudio del desarrollo sustentable entonces, deberá contemplar varias aristas. Desde la CEPAL(1997) se sugiere focalizarse en la dimensión *política, económica, social, y ambiental*. Dada la complejidad de las mismas, no pueden medirse directamente a través de un único indicador.

“Clasificar países respecto a un tema multidimensional como el desarrollo sustentable es una tarea compleja, que involucra una cantidad de juicios de valor de distintos niveles, muchas veces implícitos en la selección de indicadores, su normalización, la valoración relativa, etc.”
(OLADE/CEPAL/GTZ, 1997).

En este trabajo se intentará superar tales dificultades.

Nos basaremos en el estudio realizado por OLADE, CEPAL, y GTZ: *“Energía y Desarrollo sustentable en América Latina y el Caribe”*, y en datos regionales respecto a las características socioeconómicas, y fundamentalmente las referidas al uso y explotación de recursos energéticos, a los efectos de identificar posibles relaciones entre la situación energética y la sustentabilidad del desarrollo regional. Además, se buscarán posibles cambios que se hayan dado en el tiempo de estas relaciones, que evidencien un avance en el desarrollo sustentable entre la década de los 80 y 90. Para ello, compararemos datos del año 1984 y 1996.

Patrones de situación energética en AL

En el análisis de la sustentabilidad a nivel regional, CEPAL/OLADE/GTZ (1997) define cuatro patrones:

- A)** Alto ingreso medio, moderada desigualdad social, baja integración productiva, fuerte dependencia de exportaciones energéticas.
- B)** Alta o moderada integración y diversificación productiva con gran absorción interna, marcada o moderada diferenciación social, importante base de recursos naturales, autosuficientes o moderadamente independientes de las importaciones energéticas.
- C)** Moderada o alta integración y diversificación productiva interna, desigualdad social atenuada, exportaciones diversificadas basadas en recursos naturales.
- D)** Bajo nivel de desarrollo relativo basado en recursos naturales y exportación de productos primarios/mineros/energéticos.
- E)** Bajo o muy bajo grado de desarrollo, con reducida dotación de recursos naturales.

La clasificación realizada por los autores fue la siguiente:

Clasificación	Países
A	Venezuela, Trinidad y Tobago, Barbados
B	Argentina, Brasil, Chile, Uruguay, Paraguay
C	Colombia, Costa Rica, México, Panamá, Jamaica
D	Bolivia, Ecuador, Guyana, Nicaragua, Perú, Suriname, Cuba
E	Guatemala, Honduras, República Dominicana, El Salvador, Granada, Haití

Indicadores:

- Dimensión política: la autarquía energética (% importaciones de energía)
- Dimensión económica: productividad energética e industrial, calidad del suministro eléctrico, intensidad energética, uso racional de la energía en sectores productivos, (Prod_Ind, Prod_Ene, C_IND, C_trans, O_pripc, O_SECpc, ConsENpc)
- Dimensión social: cobertura de necesidades básicas de energía eléctrica en los hogares, consumo neto de electricidad de la población, nivel de ingresos, oferta/demanda de energía secundaria per-cápita (%consumo de energía residencial, PBI pc, C_ELEC_pc, O_SECpc, X.C_SEC).
- Ambiental: nivel de emisión de CO₂.

Patrones relacionados a las dimensiones de sustentabilidad en AL

Teniendo en cuenta los indicadores antes mencionados, la evaluación de ellos en la región llevaron a la conformación de 4 grandes “bloques” con 2 sub-bloques cada uno, que comparten distintas características.

TIPIFICACIÓN DE SITUACIONES Y CLASIFICACIÓN DE PAÍSES DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE EN TÉRMINOS DE SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA									
Dimensiones		Economía			Equidad		Recursos naturales		
Situaciones/Países		Autarquía energética	Robustez	Productividad energética	cobertura eléctrica	cobertura necesidades básicas	Pureza ambiental del uso energético	Uso energía renovable	Alcance recursos fósiles
I	α: VE, TT	alto	muy bajo	medio bajo	alto	medio alto	medio	bajo	alto
	β: BB	bajo	bajo	Alto	alto	medio bajo	medio bajo	bajo	bajo
II	α: CO, MX	alto	medio alto	medio bajo	medio alto	medio	medio alto	medio bajo	alto
	β: BO, EC, PE	alto	medio bajo	medio bajo	medio	bajo	medio alto	medio bajo	medio bajo
III	AR, CL, BR, UY, PY	alto	alto	medio	medio alto	medio alto	alto	medio alto	medio alto
	α: CR, PA, JM	bajo	alto	medio bajo	medio alto	medio bajo	medio alto	medio bajo	muy bajo
IV	β: GY, SR, NI, CU	medio bajo	alto	bajo	medio bajo	medio bajo	medio alto	medio	medio bajo
	γ: GT, HN, DO, SV, HT, GD	medio alto	alto	bajo	bajo	bajo	medio alto	bajo	muy bajo
I. Países mono-exportadores (petróleo y derivados) y cobertura eléctrica alta. II. Países exportadores de energía con: a) cobertura eléctrica media-alta b) cobertura eléctrica media-baja. III. Países autoabastecidos o con un peso de importaciones relativamente bajo, pero con cobertura variable de requerimientos energéticos básicos. IV. Países importadores con: a) cobertura eléctrica y de requerimientos energéticos básicos media-alta b) cobertura eléctrica y de requerimientos energéticos básicos media-baja c) baja cobertura eléctrica y de requerimientos energéticos básicos.									
Referencias: VE: Venezuela TT: Trinidad y Tabago BB: Barbados CO: Colombia MX: México BO: Bolivia EC: Ecuador PE: Perú AR: Argentina CL: Chile BR: Brasil UY: Uruguay PY: Paraguay CR: Costa Rica PA: Panamá JM: Jamaica GY: Guyana SR: Suriname NI: Nicaragua CU: Cuba GT: Guatemala HN: Honduras DO: República Dominicana SV: El Salvador HT: Haití GD: Granada									

Figure 1: Cuadro extraído de Energía y desarrollo sustentable en América Latina y El Caribe. OLADE/CEPAL/GTZ, 1997.

Se observa que existen ciertas correspondencias entre los patrones aquí detallados y los de situación energética, algunos más claros que otros.

Grupo Situación	Grupo Sustentabilidad
I	A
II	C,D
III	B
IV	C,D,E

Breve descripción de los datos bajo análisis

Países (total: 24)

Contamos con información de 24 países (todos ellos de América Latina y el Caribe) y 14 variables para examinar, todas ellas cuantitativas, por lo que se procede a realizar un Análisis de Componentes Principales (ACP). Como primer paso, y de acuerdo a lo sugerido, se estandarizan las variables para una correcta interpretación de los resultados.

ARGENTINA	COSTA RICA	HAITI	PARAGUAY	ARGENTINA	COSTA RICA
BARBADOS	CUBA	HONDURAS	PERU	BARBADOS	CUBA
BOLIVIA	ECUADOR	JAMAICA	REPCA DOMINICANA	BOLIVIA	ECUADOR
BRASIL	EL SALVADOR	MEXICO	TRINIDAD	BRASIL	EL SALVADOR
CHILE	GUATEMALA	NICARAGUA	URUGUAY	CHILE	GUATEMALA
COLOMBIA	GUYANA	PANAMA	VENEZUELA	COLOMBIA	GUYANA

Relación entre las variables (1984-1996)

Para el año 1984, observamos que existe correlaciones altas (>0.70) en varios casos (ver Tabla 11-12 en Anexos). Se destaca principalmente la correlación entre la productividad energética (*Prod_Ene*) con el ingreso per -cápita (*PBIpc*), el consumo energético per -cápita (*ConsENpc*) con la oferta primaria de energía per -cápita (*O_PRIpc*) y con el consumo eléctrico neto (*C_ELEpc*), y de esta última también con la oferta primaria de energía per -cápita.

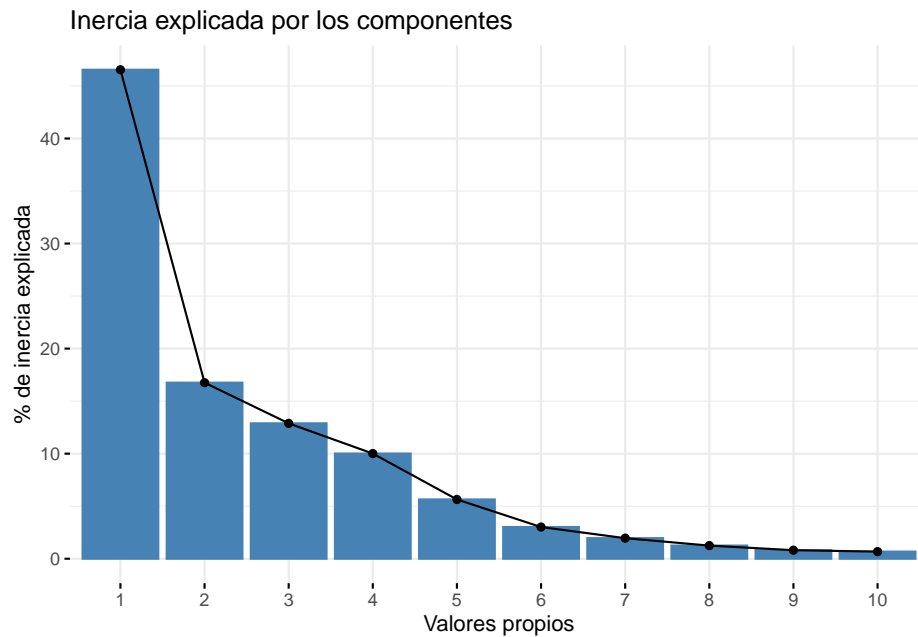
Para el año 1996, observamos que se mantienen las correlaciones elevadas detectadas para 1984 (ver Tabla 13-14 en Anexos). Se suman al listado la relación negativa entre la oferta secundaria de energía per-cápita y la proporción de consumo residencial.

La existencia de correlación alta entre las variables justifica el uso de ACP. La relación entre ellas puede tener como resultado información redundante, la cual intentaremos “aislar” con este método.

Análisis de componentes principales para 1984

La variabilidad de los datos es captada en un 46.54% por el primer eje de inercia creado a partir de ACP. Sumar una segunda dimensión incrementa este porcentaje a 63.3%. Se capta más del 80% de la varianza si se contemplan al menos 4 dimensiones. Según la regla de Kaiser, deberían retenerse aquellos componentes que tengan una varianza mayor o igual a 1. En nuestro caso, eso implicaría trabajar con 4 componentes.

Valores propios	
comp 1	6.5157960
comp 2	2.3461446
comp 3	1.8041650
comp 4	1.4014548
comp 5	0.7899925
comp 6	0.4223482
comp 7	0.2741812
comp 8	0.1749872
comp 9	0.1138647
comp 10	0.0949468
comp 11	0.0315227
comp 12	0.0174858
comp 13	0.0112484
comp 14	0.0018620



Por otra parte, el criterio “*Broken-sticks*”, sugiere retener tantos componentes que expliquen una proporción mayor a la varianza que la esperada si se “dividiera” en p partes aleatorias. Para nuestro caso, implicaría también retener en el entorno de 3 a 4 componentes, aunque la diferencia entre la inercia explicada por los componentes y la explicada de forma “aleatoria” en los componentes 3 y 4, no difieren demasiado. Por ende, podemos pensar que la “información real” está mayormente captada por los dos primeros componentes.

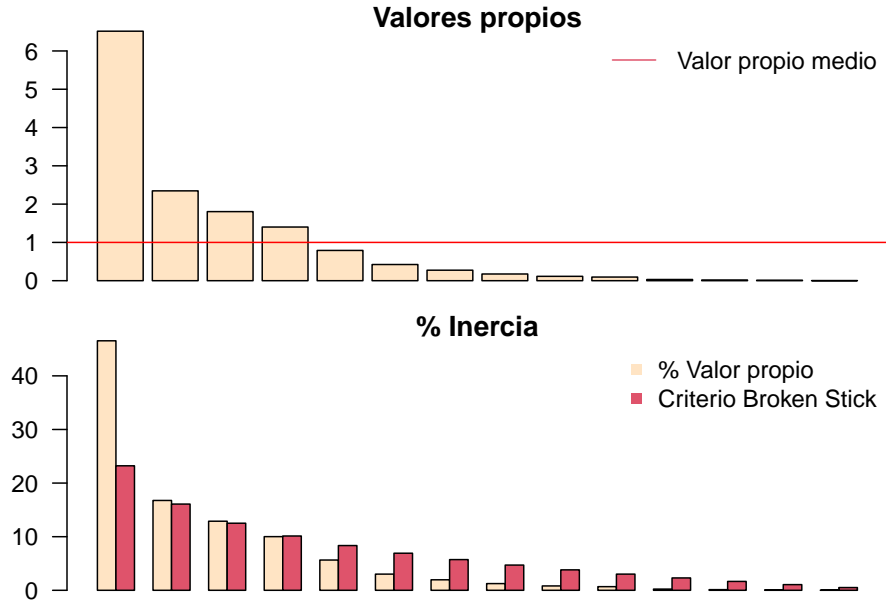


Figure 2: Criterio Broken-sticks para la elección de componentes

La pérdida de información en caso de trabajar con el plano principal sería de 36.7% con respecto a la nube de datos original, mientras que considerar 4 implica perder únicamente 13.8%.

Una vez determinado, de forma preliminar, la dimensión en que se trabajará, realizamos el cálculo de componentes y su presentación gráfica para observar los resultados y confirmarlo.

Desde la perspectiva de las variables, encontramos que las variables mejor representadas ($|\rho| \geq 0.6$) por las dimensiones elegidas son (en orden descendente):

- Dimensión 1: Oferta de energía secundaria per-cápita, consumo neto de electricidad per-cápita, consumo energético final per-cápita, Producto Bruto Interno per-cápita, consumo de energía del sector transporte, oferta de energía primaria per-cápita, consumo industrial de energía, proporción de consumo de energía secundaria.
- Dimensión 2: Productividad industrial energética, productividad energética.
- Dimensión 3: Emisión de CO2 por unidad de consumo energético, emisión de CO2 per-cápita.
- Dimensión 4: Proporción de energía importada sobre el total de la oferta.

Resulta claro entonces que el tercer componente representará la *dimensión ambiental*, la cuarta representa la *dimensión política* (autarquía política dada por el nivel de dependencia energético), mientras que el primero representará la *dimensión social* (abastecimiento de energía a distintos sectores de la sociedad, nivel de ingresos, etc.), y el segundo la *dimensión económica*.

A su vez, entendemos que las dimensiones más relevante son la social y la económica, dado que son las que explican en mayor medida las variaciones de los datos. En lo que respecta a la dimensión ambiental y política, no hay variaciones significativas en los datos. Siendo así, podemos restringir el análisis al plano principal por mayor practicidad, donde estaríamos prescindiendo principalmente, del aporte de las variables Importaciones y emisión de CO2 per-cápita.

Visualizamos en los correspondientes círculos de correlaciones:

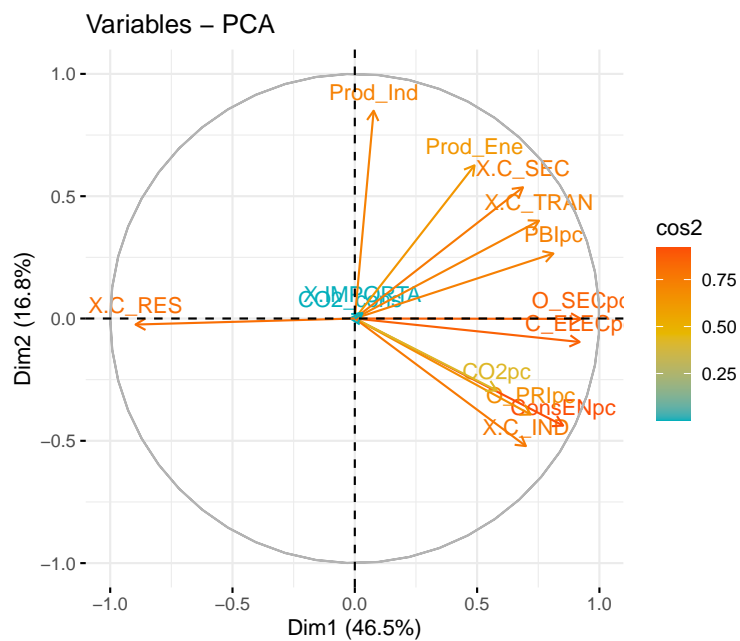


Figure 3: Dimensiones 1 y 2.

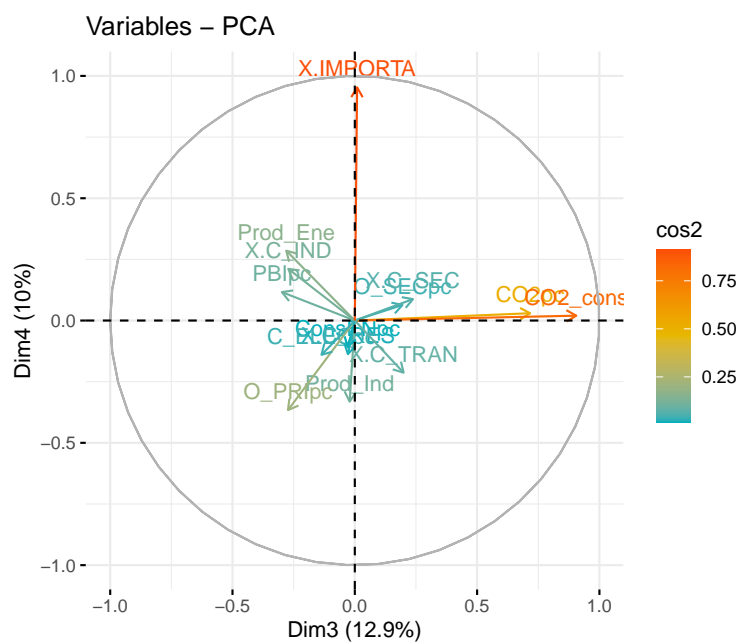


Figure 4: Dimensiones 3 y 4.

En lo que respecta a los individuos (Países):

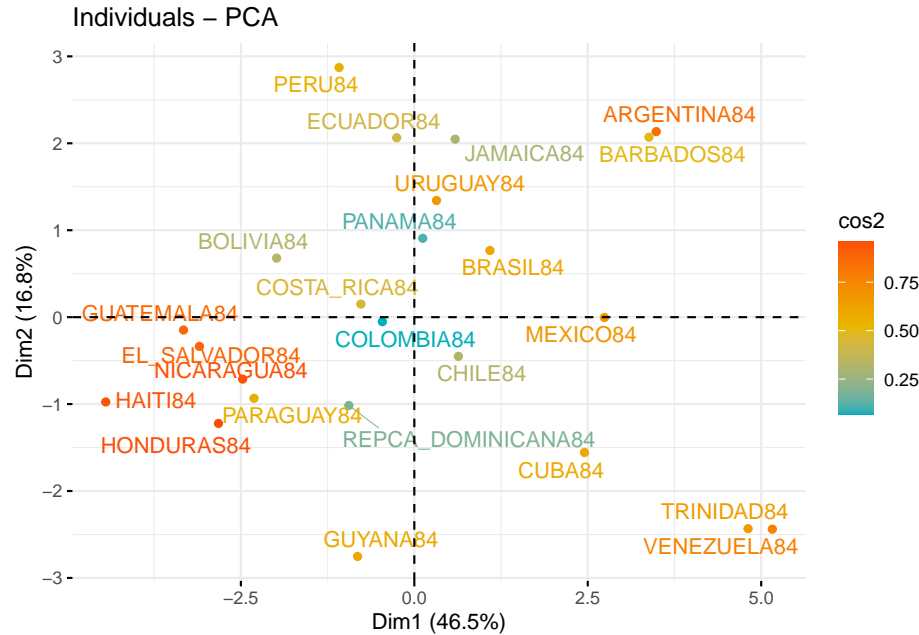


Figure 5: Dimensiones 1 y 2.

Destacamos los mejor representados ($\cos^2 \geq 0.5$) al igual que lo hicimos con las variables:

- Dimensión 1: Haití, Nicaragua, El Salvador, Guatemala, México, Argentina, Trinidad y Tobago.
- Dimensión 2: Uruguay, Guyana.

Las dimensiones 3 y 4 por sí solas no representan satisfactoriamente ningún país. En cambio diferentes combinaciones de ellas pueden llevar a una buena representación de algunos países:

- Plano principal: Brasil, Honduras, Venezuela.
- Dimensión 1 + Dimensión 3: Paraguay, Bolivia, Brasil, Cuba.
- Dimensión 1 + Dimensión 4: Barbados, Cuba.
- Dimensión 3 + Dimensión 4: Panamá.

Observamos que en este plano (que en el caso de las variables, representan satisfactoriamente a la proporción de importación energética) Venezuela, Trinidad y Tobago se comportan de manera opuesta con la variable de importación energética, sugiriendo que tienen valores muy bajos. Por otra parte, Venezuela se encuentra más a la izquierda del origen, dando a entender que mantiene valores bajos de emisiones de CO2, mientras que Trinidad y Tobago se encuentra en sentido contrario.

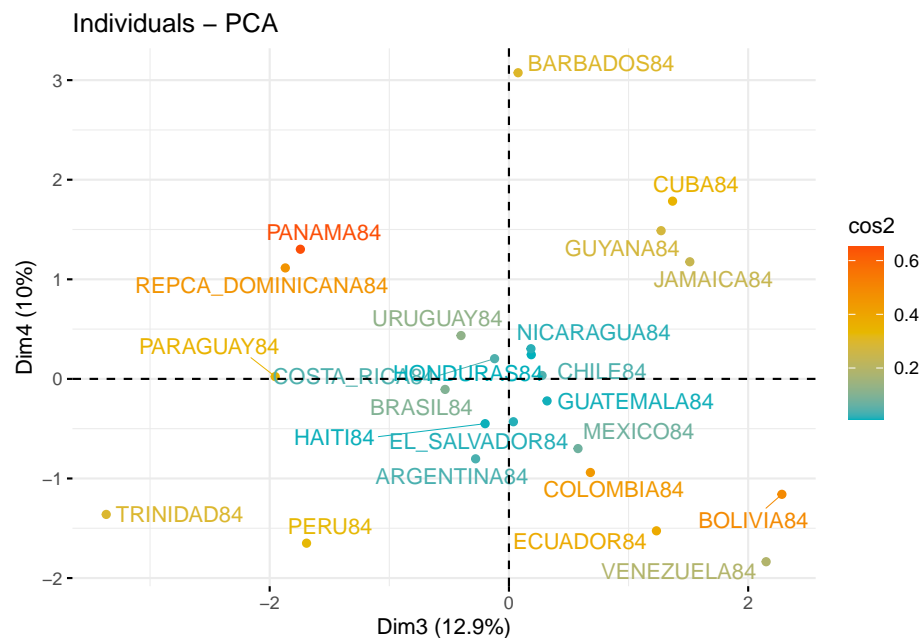


Figure 6: Dimensiones 3 y 4.

Caracterización de países para 1984

Grupo 1: * Valores altos de proporción de consumo energético residencial.

* Valores bajos de proporción de consumo de energía secundaria per-cápita, oferta de energía secundaria per -cápita, proporción del consumo energético del sector transporte, PBI per-cápita, consumo eléctrico per -cápita, productividad energética, consumo energético final per-cápita.

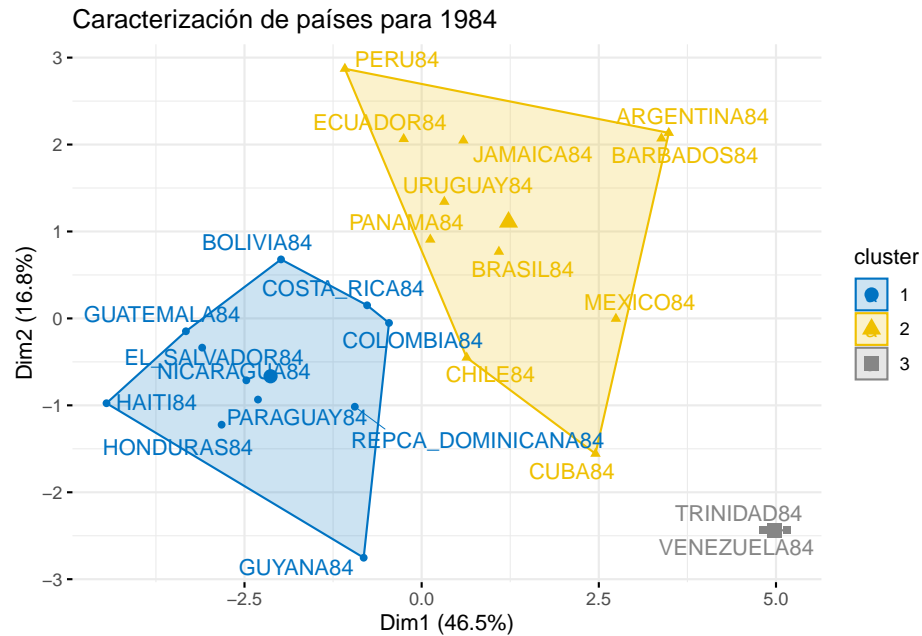
Grupo 2: * Valores altos de proporción de consumo de energía secundaria, productividad energética, proporción de consumo eléctrico del sector transporte, productividad industrial, oferta de energía secundaria, PBI per -cápita.

* Valores bajos de la proporción de consumo energético residencial.

Grupo 3: * Valores altos de oferta de energía primaria, consumo energético final per-cápita, consumo eléctrico per -cápita, proporción de consumo energético industrial, y la oferta de energía secundaria.

* Valores bajos de la proporción de consumo energético residencial.

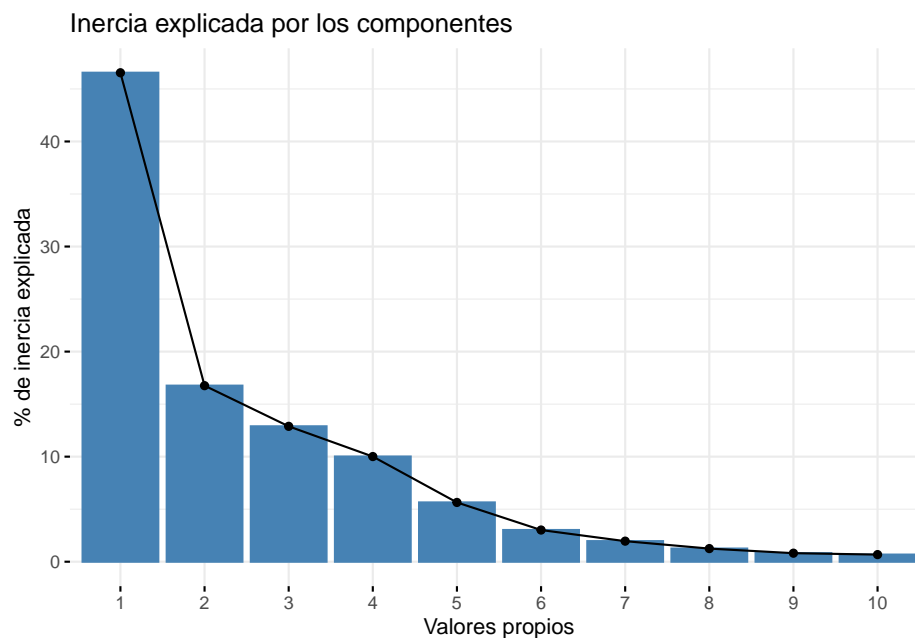
	Países
Grupo 1	El Salvador, Guatemala, Guyana, Haití, Honduras, Nicaragua, Paraguay, Rep. Dominicana, Costa Rica, Bolivia
Grupo 2	Argentina, Barbados, Cuba, Ecuador, México, Perú, Jamaica, Uruguay, Brasil, México, Panamá
Grupo 3	Trinidad, Venezuela



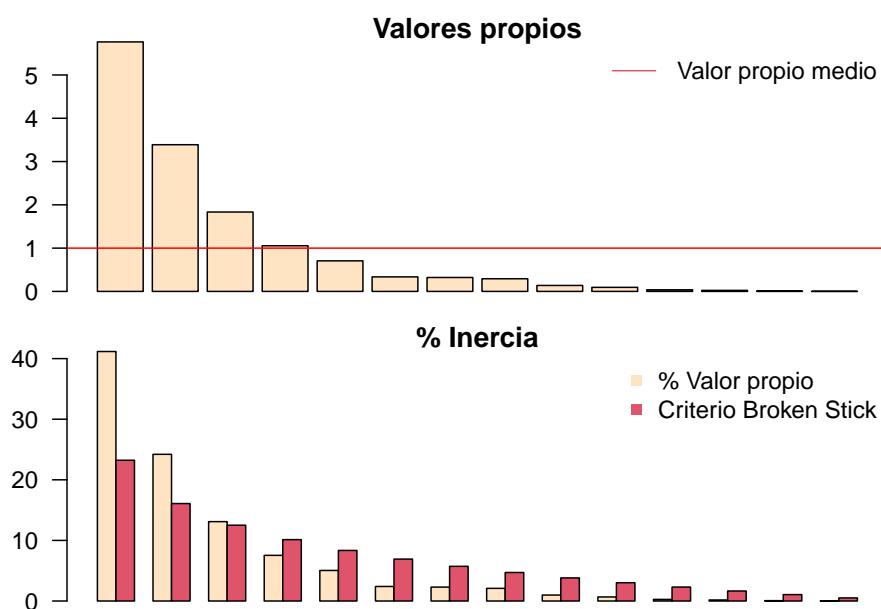
Análisis de componentes principales para 1996

La variabilidad de los datos es captada en un 41.17% por el primer eje de inercia creado a partir de ACP. Sumar una segunda dimensión incrementa este porcentaje a 65.38%. Se capta más del 80% de la varianza si se contemplan al menos 4 dimensiones. El criterio de Kaiser nos vuelve a sugerir trabajar con 4 componentes.

Valores propios	
comp 1	5.7638554
comp 2	3.3891356
comp 3	1.8336908
comp 4	1.0546123
comp 5	0.7057428
comp 6	0.3357378
comp 7	0.3213628
comp 8	0.2926763
comp 9	0.1376398
comp 10	0.0939788
comp 11	0.0372822
comp 12	0.0239156
comp 13	0.0084571
comp 14	0.0019129



El criterio “*Broken-sticks*” en cambio, sugiere retener en el entorno de 2-3 componentes:



La pérdida de información en caso de trabajar con el plano principal sería de 34.62% con respecto a la nube de datos original. El plano principal es levemente más representativo para los datos en 1996 que en 1984.

Una vez determinado, de forma preliminar, la dimensión en que se trabajará, realizamos el cálculo de componentes y su presentación gráfica para observar los resultados y confirmarlo.

Desde la perspectiva de las variables, encontramos que las variables mejor representadas ($|\rho| \geq 0.6$) por las dimensiones elegidas son :

- Dimensión 1: Consumo neto de electricidad per-cápita, oferta de energía secundaria per-cápita, consumo residencial de energía, Producto Bruto Interno per-cápita, consumo energético final, proporción de consumo energético industrial, emisión de CO2 per-cápita.
- Dimensión 2: Proporción del consumo de energía secundaria, productividad energética, proporción del consumo energético del sector transporte, productividad industrial, emisión de CO2 por unidad energética de consumo, oferta de energía primaria per-cápita, proporción del consumo energético del sector industrial.
- Dimensión 3: Emisión de CO2 por unidad de consumo energético, emisión de CO2 per-cápita.

El tercer componente, al igual que en 1984, representa la *dimensión ambiental*, mientras que el primero representará la *dimensión social* (abastecimiento de energía a distintos sectores de la sociedad, nivel de ingresos, etc.), y el segundo la *dimensión económica*.

La *dimensión política* no se considera en el análisis de 1996, ya que la proporción de varianza explicada por esa dimensión es menor. Por otra parte, la única variable bien explicada por esa dimensión era (nuevamente) el porcentaje de importaciones de energía, por lo que eventualmente puede analizarse de forma individual.

En comparación con 1984, muchas de las variables que habían sido agrupadas en la dimensión social, ahora lo hacen en la dimensión económica, algunas de ellas relacionadas en sentido opuesto (correlación negativa con el eje): consumo energético final per-cápita, oferta de energía primaria per-cápita, y la proporción de consumo energético industrial.

El conjunto de dimensiones más relevante sigue siendo la social y la económica, incluso con un leve aumento de su poder explicativo en comparación con 1984. Como consecuencia, entendemos que existió (en promedio) una variación muy reducida a nivel regional de los indicadores relativos al medioambiente y a la independencia política.

Visualizamos en los correspondientes círculos de correlaciones:

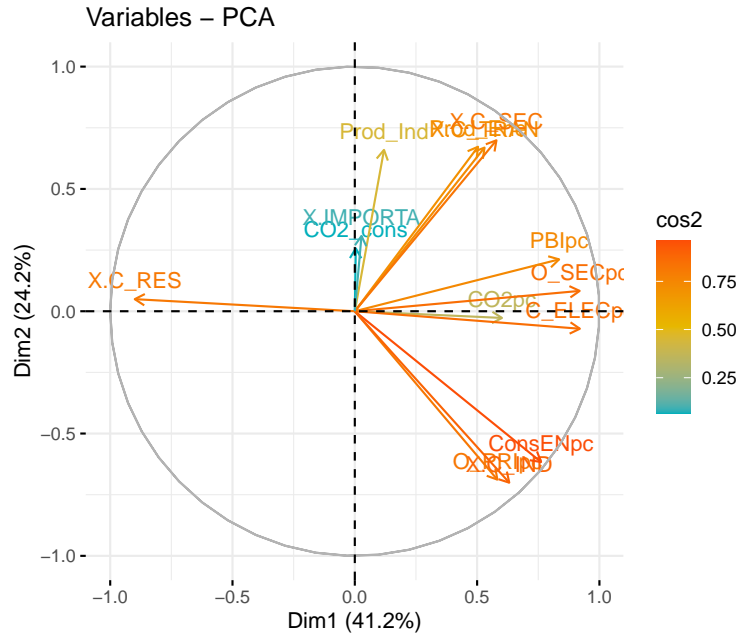


Figure 7: Dimensiones 1 y 2.

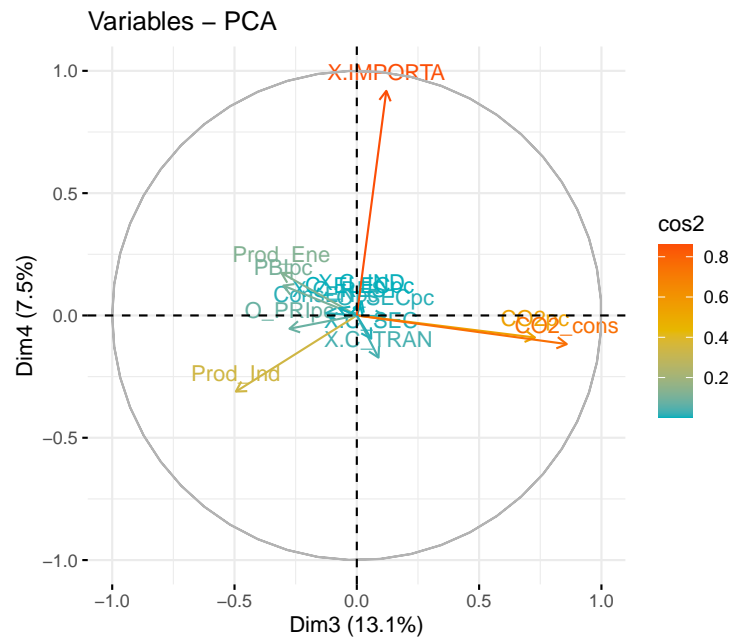


Figure 8: Dimensiones 3 y 4.

En lo que respecta a los individuos (Países) destacamos los mejor representados ($\cos^2 \geq 0.5$) al igual que lo hicimos con las variables:

- Dimensión 1: Haití, Nicaragua, El Salvador, Guatemala, México, Argentina, Trinidad y Tobago.

- Dimensión 2: Uruguay, Guyana.

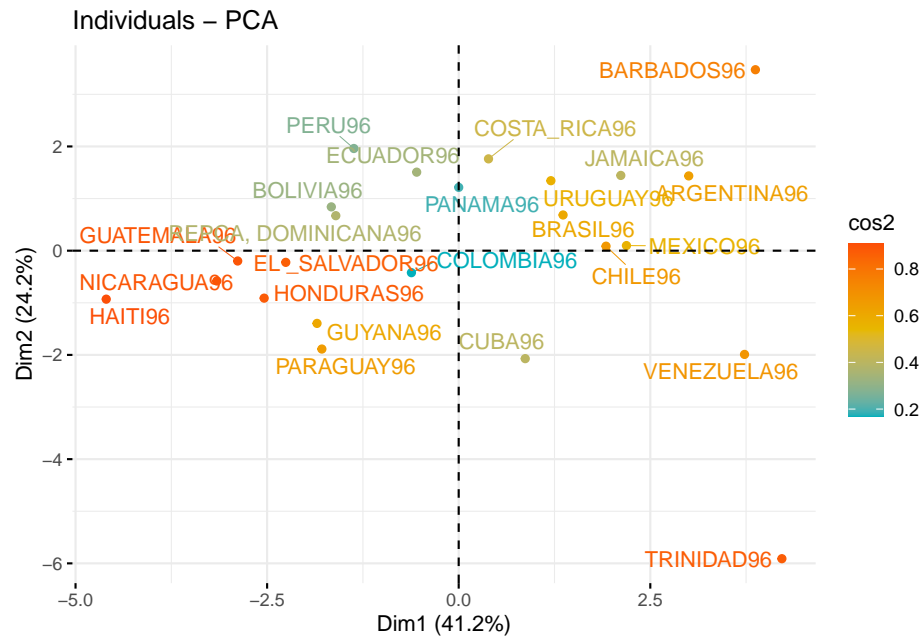


Figure 9: Dimensiones 1 y 2.

Las dimensiones 3 y 4 por sí solas no representan satisfactoriamente ningún país. En cambio, diferentes combinaciones de ellas pueden llevar a una buena representación de algunos países:

- Plano principal: Brasil, Honduras, Venezuela.
- Dimensión 1 + Dimensión 3: Paraguay, Bolivia, Brasil, Cuba.
- Dimensión 1 + Dimensión 4: Barbados, Cuba.
- Dimensión 3 + Dimensión 4: Panamá.

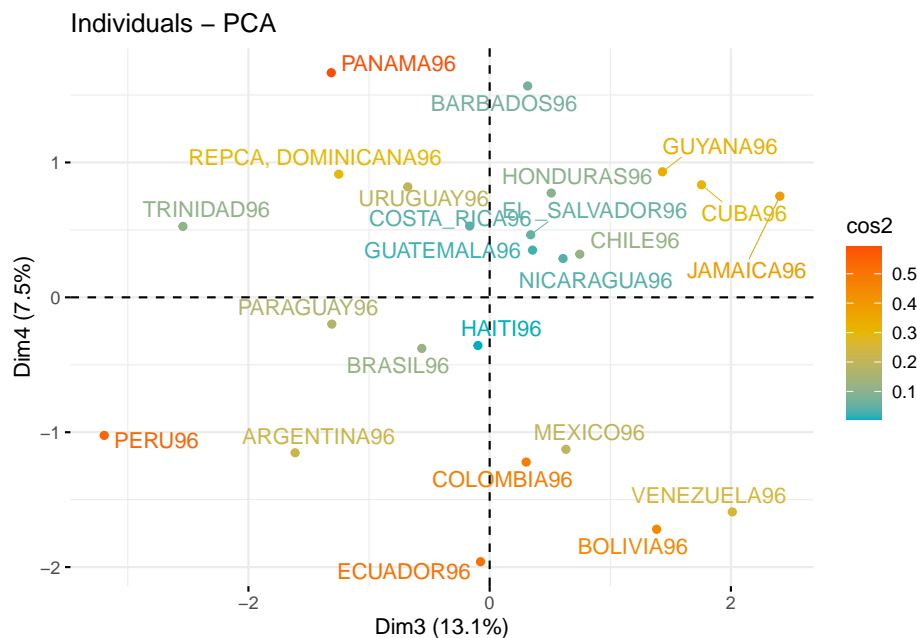


Figure 10: Dimensiones 3 y 4.

Caracterización de países

Grupo 1:

- Valores altos de proporción de consumo energético residencial.
- Valores bajos de consumo eléctrico per-cápita, oferta de energía secundaria per -cápita, PBI per-cápita, consumo energético final per-cápita, proporción de consumo de energía secundaria per-cápita, emisión de CO2 per-cápita, proporción de consumo energético industrial, del sector transporte, y la productividad energética.

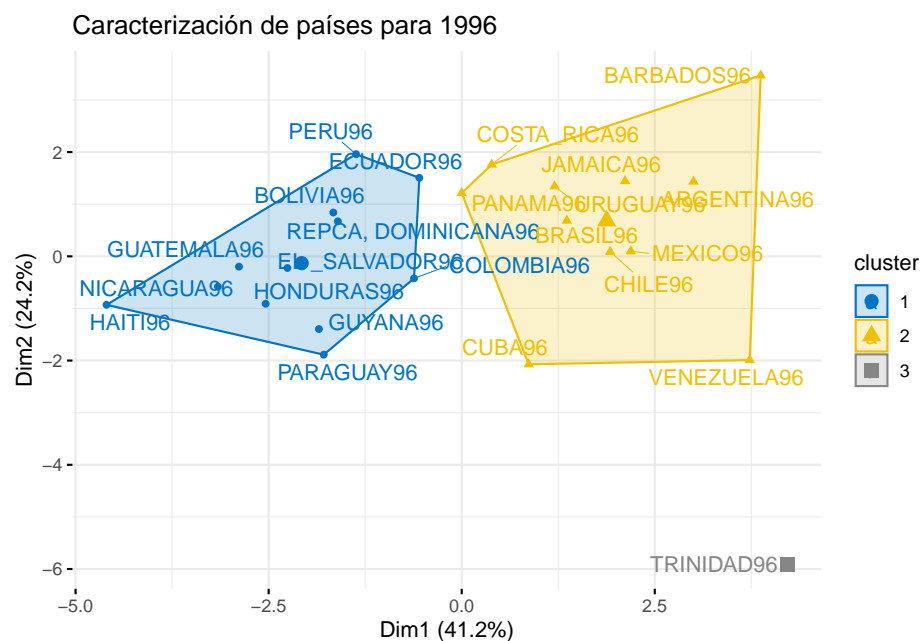
Grupo 2:

- Valores altos de oferta de energía secundaria, proporción de consumo de energía secundaria, consumo eléctrico per-cápita, proporción de consumo eléctrico del sector transporte, PBI per-cápita, emisión de CO2 per-cápita, y productividad energética.
- Valores bajos de la proporción de consumo energético residencial.

Grupo 3:

- Valores altos de oferta de energía primaria, consume energético per-cápita, y proporción de consumo energético industrial.

Países	
Grupo 1	El Salvador, Guatemala, Guyana, Haití, Honduras, Nicaragua, Paraguay, Perú, Ecuador, Bolivia, Rep. Dominicana
Grupo 2	Argentina, Barbados, Cuba, Venezuela, Jamaica, Uruguay, Brasil, Chile, México, Costa Rica, Panamá,
Grupo 3	Trinidad



Principales conclusiones

Las principales características que diferenciaron el desarrollo de los países entre 1984-1996 en la región, se corresponden a los indicadores vinculados a lo económico y social, más que a lo ambiental y político.

Luego de realizar un análisis de componentes principales, obtuvimos una clasificación que consta de tres categorías en ambos períodos. Uno de ellos, consta de únicamente 2 países en 1984, mientras que en 1996 consta de un único país, mostrando un comportamiento diferente al resto, sin llegar a ser extremo.

La categorización resultante en 1984 no coincide exactamente con la planteada originalmente por CEPAL/OLADE/GTZ. A grandes rasgos, se llega a una diferenciación de países según la proporción de consumo energético residencial (alto/bajo), que se opone al comportamiento del resto de las variables.

En el **Grupo 1**, aquellos países que contaban con una proporción de consumo energético residencial alto, tenían un desempeño más pobre en los indicadores vinculados al abastecimiento de energías secundarias: consumo eléctrico per-cápita, oferta de energías secundarias, consumo de energías secundarias (coherente con el bajo nivel de oferta). También contaban con valores bajos para la proporción de consumo energético del sector transporte, del PBI per-cápita, y de la productividad energética. Esto implica carencias a nivel económico, más específicamente, en la eficiencia energética del sector productivo y sus posibles consecuencias a nivel social. Como contraparte, un buen abastecimiento de energía residencial implica cierta cobertura de necesidades básicas energéticas, que tiene un impacto positivo en la dimensión social del desarrollo sustentable.

Por otro lado, en el **Grupo 2** sucedía lo contrario. Se observa que la proporción de consumo residencial es baja, pero cuentan con un uso amplio de energías secundarias, y mejor desempeño a nivel de eficiencia energética en la producción. Se observa también que en promedio, los países que pertenecen a este grupo tienen un mayor PBI per-cápita.

Por último, en el **Grupo 3**, se vincula con un mayor nivel de oferta de energía primaria, consumo energético final per-cápita, y proporción de consumo energético industrial. Entendemos que se podría tratar de países con un nivel significativo de exportaciones de energía, ya que son los que presentaban menor nivel de importación energética, aunque con un comportamiento diferenciado en cuanto a las emisiones de CO₂ (“Pureza ambiental del uso energético”).

Los resultados para 1996 no dieron pauta de que haya existido un cambio estructural importante en la década de los 80-90. Las categorías para 1996 son, en esencia, las mismas antes mencionadas, con algunas variantes menores respecto a las variables que representan. Por ejemplo, el nivel de emisión de CO₂ per-cápita está presente de forma significativa en la elaboración de las categorías 1 y 2, debido a que este indicador se volvió levemente más relevante en 1996. Las emisiones de CO₂ eran mayores (en promedio) en los países del Grupo 2 que en el Grupo 1.

A modo de conclusión, encontramos que existía una relación positiva entre la diversificación energética (por ejemplo, con la incorporación de la generación de energía eléctrica a la matriz productiva) y la eficiencia energética del sector productivo, que favorece al desarrollo de los países. Sin embargo, podrían haber indicios que muestren que este desarrollo no era sustentable, ya que en 1996 se vuelve relevante el nivel de emisión de CO₂ per -cápita.

Anexos

```
## [1] "Descripción de la base de datos"
```

```
##      Prod_Ind      Prod_Ene      ConsENpc      PBIpc
## Min.      :0.0355    Min.      :0.0712    Min.      : 1166    Min.      : 190.6
## 1st Qu.:0.2561    1st Qu.:0.2502    1st Qu.: 3351    1st Qu.: 909.4
## Median :0.3566    Median :0.3197    Median : 4418    Median :1603.4
## Mean   :0.4361    Mean   :0.3931    Mean   : 5267    Mean   :2070.8
## 3rd Qu.:0.5422    3rd Qu.:0.5153    3rd Qu.: 6219    3rd Qu.:2748.5
## Max.   :1.6064    Max.   :1.2381    Max.   :17386    Max.   :6652.1
##      O_PRIpc      O_SECpc      CO2pc      CO2_cons
## Min.      : 1430    Min.      : 327.2    Min.      : 297.8    Min.      :0.0673
## 1st Qu.: 3443    1st Qu.: 2170.7    1st Qu.:1329.4    1st Qu.:0.3285
## Median : 5395    Median : 3756.7    Median :1765.0    Median :0.4325
## Mean   : 8932    Mean   : 4729.4    Mean   :2014.6    Mean   :0.4038
## 3rd Qu.: 8228    3rd Qu.: 6831.3    3rd Qu.:2884.9    3rd Qu.:0.4957
## Max.   :70309    Max.   :11481.5    Max.   :6205.8    Max.   :0.9156
##      X.C_RES      X.C_TRAN      X.C_IND      X.C_SEC
## Min.      :0.0326    Min.      :0.0325    Min.      :0.0780    Min.      :0.2598
## 1st Qu.:0.2097    1st Qu.:0.2034    1st Qu.:0.2091    1st Qu.:0.4415
## Median :0.3030    Median :0.3004    Median :0.2611    Median :0.6268
## Mean   :0.3339    Mean   :0.2837    Mean   :0.2954    Mean   :0.6202
## 3rd Qu.:0.4738    3rd Qu.:0.3520    3rd Qu.:0.3675    3rd Qu.:0.7690
## Max.   :0.8464    Max.   :0.4753    Max.   :0.7843    Max.   :0.9932
##      C_ELECpc      X.IMPORTA
## Min.      : 46.0    Min.      :0.00000
## 1st Qu.: 372.1    1st Qu.:0.05728
## Median : 909.6    Median :0.26907
## Mean   :1074.6    Mean   :0.26798
## 3rd Qu.:1590.1    3rd Qu.:0.43191
## Max.   :3109.2    Max.   :0.88761
```

Table 5: Primeras 5 filas de datos

	PAISES	Prod_Ind	Prod_Ene	ConsENpc	PBIpc	O_PRIpc
ARGENTINA93	ARGENTINA93	0.9786	0.7603	6987.10	5312.45	11567.98
BARBADOS93	BARBADOS93	0.9050	1.2215	4946.15	6041.54	5780.77
BOLIVIA93	BOLIVIA93	0.4723	0.3477	2375.71	825.95	3377.27
BRASIL93	BRASIL93	0.5864	0.5562	4930.11	2742.11	6720.73
CHILE93	CHILE93	0.3548	0.3828	7230.27	2767.85	8317.19
COLOMBIA93	COLOMBIA93	0.3417	0.2795	4275.69	1194.97	6118.41

```
## [1] "ACP. Resultados principales para 1984"
```

```
##
## Call:
## PCA(X = Energia_st[Energia_st$Año == 1984, c(4:17)], scale.unit = TRUE,
##      ncp = 4, graph = FALSE)
##
```

Table 6: Primeras 5 filas de datos (cont.)

	O_SECpc	CO2pc	CO2_cons	X.C_RES	X.C_TRAN	X.C_IND
ARGENTINA93	10338.57	1960.55	0.2806	0.2371	0.3524	0.2744
BARBADOS93	9700.00	3250.00	0.6571	0.2729	0.4681	0.2022
BOLIVIA93	1787.51	2145.24	0.9030	0.3633	0.3708	0.2215
BRASIL93	4723.46	1637.33	0.3321	0.1702	0.3282	0.3788
CHILE93	5948.44	2948.59	0.4078	0.2948	0.3078	0.3808
COLOMBIA93	3101.98	2003.00	0.4685	0.2581	0.3174	0.2664

Table 7: Primeras 5 filas de datos (cont.)

	X.C_SEC	C_ELECpc	X.IMPORTA
ARGENTINA93	0.9532	1844.01	0.0418841
BARBADOS93	0.8585	1842.12	0.4959006
BOLIVIA93	0.5815	313.46	0.0256551
BRASIL93	0.7687	1711.46	0.2057825
CHILE93	0.7212	1583.32	0.3012950
COLOMBIA93	0.5617	977.89	0.0364973

Table 8: Primeras 5 filas de datos estandarizados

	Prod_Ind	Prod_Ene	ConsENpc	PBIpc	O_PRIpc	O_SECpc	CO2pc
ARGENTINA93	1.7795005	1.5757004	0.5826853	2.1158560	0.2093220	1.7762114	-0.0418532
BARBADOS93	1.5380702	3.5546503	-0.1085478	2.5917418	-0.2502739	1.5740004	0.9568737
BOLIVIA93	0.1186832	-0.1947132	-0.9791097	-0.8125369	-0.4411498	-0.9315856	0.1011961
BRASIL93	0.4929657	0.6999335	-0.1139803	0.4381639	-0.1756263	-0.0018814	-0.2921991
CHILE93	-0.2667524	-0.0441036	0.6650426	0.4549647	-0.0488421	0.3860234	0.7234205
COLOMBIA93	-0.3097244	-0.4873506	-0.3356206	-0.5716731	-0.2234600	-0.5153427	-0.0089741

Table 9: Primeras 5 filas de datos estandarizados (cont.)

	CO2_cons	X.C_RES	X.C_TRAN	X.C_IND	X.C_SEC	C_ELECpc	X.IMPORTA
ARGENTINA93	-0.6489514	-0.5263361	0.7382475	-0.1404133	1.6975288	0.9629765	-1.1129461
BARBADOS93	1.3336337	-0.3317778	1.9813039	-0.6243038	1.2147902	0.9606111	1.1219264
BOLIVIA93	2.6285014	0.1595089	0.9359332	-0.4949536	-0.1972330	-0.9525504	-1.1928324
BRASIL93	-0.3777612	-0.8899100	0.4782478	0.5592843	0.7570296	0.7970864	-0.3061648
CHILE93	0.0208622	-0.2127603	0.2590745	0.5726885	0.5148957	0.6367156	0.1639904
COLOMBIA93	0.3404981	-0.4122097	0.3622149	-0.1940300	-0.2981646	-0.1209973	-1.1394622

Table 10: Matriz de correlaciones. 1984

	Prod_Ind	Prod_Ene	ConsENpc	PBIpc	O_PRIpc	O_SECpc	CO2pc
Prod_Ind	1.0000000	0.4118066	-0.1994237	0.2189895	-0.1025510	0.0413286	-0.2003123
Prod_Ene	0.4118066	1.0000000	0.0858775	0.8353854	0.1137911	0.3883727	-0.0407627
ConsENpc	-0.1994237	0.0858775	1.0000000	0.5778661	0.8486029	0.7981993	0.6167674
PBIpc	0.2189895	0.8353854	0.5778661	1.0000000	0.5642045	0.7037255	0.2136724
O_PRIpc	-0.1025510	0.1137911	0.8486029	0.5642045	1.0000000	0.5468073	0.3272889
O_SECpc	0.0413286	0.3883727	0.7981993	0.7037255	0.5468073	1.0000000	0.6981912
CO2pc	-0.2003123	-0.0407627	0.6167674	0.2136724	0.3272889	0.6981912	1.0000000

Table 11: Matriz de correlaciones. 1984 (cont.)

	CO2_cons	X.C_RES	X.C_TRAN	X.C_IND	X.C_SEC	C_ELECpc	X.IMPORTA
CO2_cons	1.0000000	0.0736622	0.1254338	-0.2527998	0.0875325	-0.1046687	0.0095550
X.C_RES	0.0736622	1.0000000	-0.6984044	-0.6719794	-0.7669532	-0.7720579	-0.1993897
X.C_TRAN	0.1254338	-0.6984044	1.0000000	0.2557489	0.7660598	0.6573357	-0.1906698
X.C_IND	-0.2527998	-0.6719794	0.2557489	1.0000000	0.1885750	0.6628934	0.1436369
X.C_SEC	0.0875325	-0.7669532	0.7660598	0.1885750	1.0000000	0.4911729	0.1146366
C_ELECpc	-0.1046687	-0.7720579	0.6573357	0.6628934	0.4911729	1.0000000	-0.0830154
X.IMPORTA	0.0095550	-0.1993897	-0.1906698	0.1436369	0.1146366	-0.0830154	1.0000000

Table 12: Matriz de correlaciones. 1996

	Prod_Ind	Prod_Ene	ConsENpc	PBIpc	O_PRIpc	O_SECpc	CO2pc
Prod_Ind	1.0000000	0.6056028	-0.2326377	0.3303022	-0.2002311	0.0896133	-0.1997403
Prod_Ene	0.6056028	1.0000000	-0.0068078	0.8109852	-0.0737177	0.4545337	0.0747871
ConsENpc	-0.2326377	-0.0068078	1.0000000	0.5467274	0.9159404	0.6407513	0.3935142
PBIpc	0.3303022	0.8109852	0.5467274	1.0000000	0.4221188	0.7734605	0.2944173
O_PRIpc	-0.2002311	-0.0737177	0.9159404	0.4221188	1.0000000	0.4231422	0.1575801
O_SECpc	0.0896133	0.4545337	0.6407513	0.7734605	0.4231422	1.0000000	0.6517934
CO2pc	-0.1997403	0.0747871	0.3935142	0.2944173	0.1575801	0.6517934	1.0000000

Table 13: Matriz de correlaciones. 1996 (cont.)

	CO2_cons	X.C_RES	X.C_TRAN	X.C_IND	X.C_SEC	C_ELECpc	X.IMPORTA
CO2_cons	1.0000000	-0.0210160	0.1774260	-0.1881396	0.1237907	-0.0163786	0.0611707
X.C_RES	-0.0210160	1.0000000	-0.5422127	-0.6992510	-0.5304458	-0.7724351	-0.0234309
X.C_TRAN	0.1774260	-0.5422127	1.0000000	-0.1409193	0.8569650	0.4403684	0.0958368
X.C_IND	-0.1881396	-0.6992510	-0.1409193	1.0000000	-0.1003293	0.5659066	-0.1412425
X.C_SEC	0.1237907	-0.5304458	0.8569650	-0.1003293	1.0000000	0.4744799	0.1728104
C_ELECpc	-0.0163786	-0.7724351	0.4403684	0.5659066	0.4744799	1.0000000	0.0576169
X.IMPORTA	0.0611707	-0.0234309	0.0958368	-0.1412425	0.1728104	0.0576169	1.0000000

```

##
## Eigenvalues
##
##          Dim.1   Dim.2   Dim.3   Dim.4   Dim.5   Dim.6   Dim.7
## Variance      6.516   2.346   1.804   1.401   0.790   0.422   0.274
## % of var.     46.541  16.758  12.887  10.010   5.643   3.017   1.958
## Cumulative % of var. 46.541 63.300 76.186 86.197 91.840 94.856 96.815
##
##          Dim.8   Dim.9   Dim.10  Dim.11  Dim.12  Dim.13  Dim.14
## Variance      0.175   0.114   0.095   0.032   0.017   0.011   0.002
## % of var.      1.250   0.813   0.678   0.225   0.125   0.080   0.013
## Cumulative % of var. 98.065 98.878 99.556 99.781 99.906 99.987 100.000
##
## Individuals (the 10 first)
##
##          Dist   Dim.1   ctr   cos2   Dim.2   ctr   cos2   Dim.3
## ARGENTINA84 | 4.418 | 3.487 7.777 0.623 | 2.134 8.091 0.233 | -0.279
## BARBADOS84  | 5.599 | 3.383 7.319 0.365 | 2.070 7.613 0.137 | 0.076
## BOLIVIA84   | 3.656 | -1.985 2.519 0.295 | 0.679 0.818 0.034 | 2.282
## BRASIL84   | 1.723 | 1.090 0.760 0.400 | 0.767 1.045 0.198 | -0.534
## CHILE84     | 1.369 | 0.636 0.258 0.216 | -0.451 0.361 0.109 | 0.277
## COLOMBIA84  | 1.751 | -0.461 0.136 0.069 | -0.052 0.005 0.001 | 0.681
## COSTA_RICA84 | 1.166 | -0.770 0.379 0.436 | 0.151 0.040 0.017 | -0.120
## CUBA84      | 3.802 | 2.453 3.847 0.416 | -1.557 4.304 0.168 | 1.368
## ECUADOR84   | 3.186 | -0.253 0.041 0.006 | 2.064 7.564 0.420 | 1.233
## EL_SALVADOR84 | 3.314 | -3.097 6.135 0.874 | -0.336 0.201 0.010 | 0.037
##
##          ctr   cos2
## ARGENTINA84 0.179 0.004 |
## BARBADOS84  0.014 0.000 |
## BOLIVIA84   12.024 0.390 |
## BRASIL84    0.658 0.096 |
## CHILE84     0.177 0.041 |
## COLOMBIA84  1.071 0.151 |
## COSTA_RICA84 0.033 0.011 |
## CUBA84      4.321 0.129 |
## ECUADOR84   3.512 0.150 |
## EL_SALVADOR84 0.003 0.000 |
##
## Variables (the 10 first)
##
##          Dim.1   ctr   cos2   Dim.2   ctr   cos2   Dim.3   ctr
## Prod_Ind    | 0.077 0.091 0.006 | 0.849 30.755 0.722 | -0.021 0.025
## Prod_Ene    | 0.489 3.677 0.240 | 0.626 16.709 0.392 | -0.280 4.353
## ConsENpc    | 0.852 11.131 0.725 | -0.438 8.170 0.192 | -0.029 0.047
## PBipc       | 0.812 10.116 0.659 | 0.266 3.008 0.071 | -0.298 4.918
## O_PRIpc     | 0.719 7.933 0.517 | -0.392 6.564 0.154 | -0.273 4.132
## O_SECpc     | 0.924 13.109 0.854 | -0.002 0.000 0.000 | 0.195 2.105
## CO2pc       | 0.580 5.160 0.336 | -0.294 3.686 0.086 | 0.717 28.469
## CO2_cons    | -0.019 0.006 0.000 | 0.001 0.000 0.000 | 0.905 45.441
## X.C_RES     | -0.896 12.332 0.804 | -0.025 0.026 0.001 | -0.028 0.044
## X.C_TRAN    | 0.753 8.702 0.567 | 0.400 6.812 0.160 | 0.199 2.202
##
##          cos2
## Prod_Ind    0.000 |
## Prod_Ene    0.079 |
## ConsENpc    0.001 |
## PBipc       0.089 |
## O_PRIpc     0.075 |
## O_SECpc     0.038 |

```

```
## CO2pc          0.514 |
## CO2_cons       0.820 |
## X.C_RES        0.001 |
## X.C_TRAN       0.040 |
```

```
## NULL
```

```
## [1] "ACP. Resultados principales para 1996"
```

```
##
```

```
## Call:
```

```
## PCA(X = Energia_st[Energia_st$Año == 1996, c(4:17)], scale.unit = TRUE,
##      ncp = 4, graph = FALSE)
```

```
##
```

```
##
```

```
## Eigenvalues
```

```
##          Dim.1  Dim.2  Dim.3  Dim.4  Dim.5  Dim.6  Dim.7
## Variance      5.764   3.389   1.834   1.055   0.706   0.336   0.321
## % of var.     41.170  24.208  13.098   7.533   5.041   2.398   2.295
## Cumulative % of var. 41.170  65.379  78.476  86.009  91.050  93.448  95.744
##          Dim.8  Dim.9  Dim.10 Dim.11 Dim.12 Dim.13 Dim.14
## Variance      0.293   0.138   0.094   0.037   0.024   0.008   0.002
## % of var.      2.091   0.983   0.671   0.266   0.171   0.060   0.014
## Cumulative % of var. 97.834  98.818  99.489  99.755  99.926  99.986 100.000
```

```
##
```

```
## Individuals (the 10 first)
```

```
##          Dist  Dim.1  ctr  cos2  Dim.2  ctr  cos2  Dim.3
## ARGENTINA96 | 4.160 | 3.002 6.514 0.521 | 1.435 2.531 0.119 | -1.613
## BARBADOS96  | 5.965 | 3.872 10.836 0.421 | 3.472 14.824 0.339 | 0.315
## BOLIVIA96   | 3.284 | -1.662 1.997 0.256 | 0.840 0.869 0.065 | 1.384
## BRASIL96   | 1.960 | 1.362 1.340 0.482 | 0.685 0.577 0.122 | -0.562
## CHILE96     | 2.356 | 1.922 2.672 0.666 | 0.086 0.009 0.001 | 0.747
## COLOMBIA96  | 1.814 | -0.617 0.275 0.116 | -0.422 0.219 0.054 | 0.303
## COSTA_RICA96 | 2.679 | 0.389 0.109 0.021 | 1.762 3.817 0.432 | -0.166
## CUBA96      | 3.544 | 0.868 0.545 0.060 | -2.071 5.275 0.342 | 1.756
## ECUADOR96   | 2.738 | -0.548 0.217 0.040 | 1.507 2.791 0.303 | -0.076
## EL_SALVADOR96 | 2.441 | -2.257 3.681 0.855 | -0.224 0.061 0.008 | 0.340
```

```
##
```

```
##          ctr  cos2
## ARGENTINA96 5.910 0.150 |
## BARBADOS96  0.226 0.003 |
## BOLIVIA96   4.354 0.178 |
## BRASIL96   0.719 0.082 |
## CHILE96     1.269 0.101 |
## COLOMBIA96  0.208 0.028 |
## COSTA_RICA96 0.062 0.004 |
## CUBA96      7.005 0.245 |
## ECUADOR96   0.013 0.001 |
## EL_SALVADOR96 0.263 0.019 |
```

```
##
```

```
## Variables (the 10 first)
```

```
##          Dim.1  ctr  cos2  Dim.2  ctr  cos2  Dim.3  ctr
## Prod_Ind     | 0.119 0.247 0.014 | 0.660 12.837 0.435 | -0.494 13.320
## Prod_Ene     | 0.504 4.403 0.254 | 0.672 13.341 0.452 | -0.308 5.174
```

## ConsENpc	0.761 10.059 0.580 -0.616 11.210 0.380 -0.126 0.861
## PBIpc	0.835 12.102 0.698 0.212 1.326 0.045 -0.301 4.927
## O_PRIpc	0.583 5.894 0.340 -0.688 13.981 0.474 -0.275 4.139
## O_SECpc	0.919 14.662 0.845 0.083 0.204 0.007 0.116 0.738
## CO2pc	0.602 6.280 0.362 -0.027 0.022 0.001 0.728 28.928
## CO2_cons	0.004 0.000 0.000 0.257 1.952 0.066 0.858 40.186
## X.C_RES	-0.900 14.042 0.809 0.049 0.072 0.002 -0.073 0.287
## X.C_TRAN	0.530 4.878 0.281 0.669 13.207 0.448 0.089 0.427
##	cos2
## Prod_Ind	0.244
## Prod_Ene	0.095
## ConsENpc	0.016
## PBIpc	0.090
## O_PRIpc	0.076
## O_SECpc	0.014
## CO2pc	0.530
## CO2_cons	0.737
## X.C_RES	0.005
## X.C_TRAN	0.008
## NULL	