

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i5.3370

Análisis de componentes principales de bio-clima en Bolivia

C. Nina

cnina1010@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-8113-0189>

S. Nina

scirleymaritzaninayucra@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-5456-9492>

J.C. Quispe

juancarlos_quispeapaza@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-7533-6604>

Posgrado de Ingeniería Industrial, Universidad Mayor de San Andrés
La Paz – Bolivia

RESUMEN

En este artículo se presentan los 19 bioclimas de Bolivia, registrados por entidades públicas en 89 localidades, para el estudio se disponen de 1691 datos. El objetivo del trabajo es identificar mediante componentes principales los bioclimas con mayor influencia en Bolivia. Los hallazgos revelan que existen dos componentes principales, PC1 y PC2 que explican el 76,58% y el 11,19% de la varianza total de los datos respectivamente. Los Bioindicadores BIO 6, BIO9, BIO 11, BIO 12 (Temperatura mínima del mes más Frío, Temperatura media del trimestre más frío, Temperatura media del trimestre más seco, Precipitación anual) aportan a la PC1; y BIO 3, BIO 4, BIO 5 (isotermalidad, estacionalidad en la temperatura, temperatura máxima del mes más cálido) aportan a la PC2. También se concluye que en las zonas de mayor elevación Potosí, Oruro, parte de Chuquisaca y La Paz, se ven afectadas significativamente por temperaturas frías en épocas secas y en las zonas que presentan menor elevación Santa Cruz, Beni y Tarija, existen localidades con temperaturas extremadamente cálidas con un cambio de temperatura mínimo. Las localidades de Bermejo e Ibibobo tienen la menor isotermalidad, manteniendo una temperatura casi constante durante todo el año.

Palabras clave: PCA; varianza; bio indicador; componentes principales; cambio climático

Correspondencia: cnina1010@gmail.com

Artículo recibido 10 agosto 2022 Aceptado para publicación: 10 septiembre 2022

Conflictos de Interés: Ninguna que declarar

Todo el contenido de **Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar**, publicados en este sitio están disponibles bajo

Licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) 

Cómo citar: Nina, C., Nina, S., & Quispe, J. (2022). Análisis de componentes principales de bio-clima en Bolivia. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(5), 4005-4014. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i5.3370

Analysis of principal components of bio-climate in Bolivia

ABSTRACT

This article presents the 19 bioclimates of Bolivia, registered by public entities in 89 localities, for the study 1691 data are available. The objective of the work is to identify through main components the bioclimates with the greatest influence in Bolivia. The findings reveal that there are two main components, PC1 and PC2, that explain 76.58% and 11.19% of the total variance of the data, respectively. Bioindicators BIO 6, BIO9, BIO 11, BIO 12 (Minimum temperature of the coldest month, Average temperature of the coldest quarter, Average temperature of the driest quarter, Annual precipitation) contribute to PC1; and BIO 3, BIO 4, BIO 5 (isothermality, seasonality in temperature, maximum temperature of the warmest month) contribute to PC2. It is also concluded that in the areas of higher elevation Potosí, Oruro, part of Chuquisaca and La Paz, they are significantly affected by cold temperatures in dry seasons and in the areas with lower elevation Santa Cruz, Beni and Tarija, there are localities with temperatures extremely warm with minimal temperature change. The towns of Bermejo and Ibibobo have the least isothermality, maintaining an almost constant temperature throughout the year.

Keywords: *PCA; variance; bio indicator; principal components; climate change*

INTRODUCCIÓN

El abordaje de los bioclimas ha sido diverso. Los investigadores se han orientado a descubrir: (i) la temperatura efectiva para hallar el índice de confort humano (Ángulo, Muñoz, Barradas, 2004; Tejeda Rivas, 2003); (ii) la porosidad del suelo como mecanismos de absorción de las radiaciones solares (Jáuregui, Heres, 2008); (iii) los cambios en las precipitaciones (Huasasquiche, Kómetter, 2017), los cuales terminan siendo el efecto de la interacción de múltiples variables de orden geográfico.

En base a las características geográficas de Bolivia, el presente trabajo pretende identificar variables bioclimáticas que influyen en las regiones del territorio nacional, planteando la hipótesis de que existe una correlación entre las variables bioclimáticas, ya que varias de ellas están relacionadas con las temperaturas en los meses cálidos y fríos. Por lo expuesto anteriormente se decide efectuar un análisis de componentes principales de bioclimas en Bolivia.

METODOLOGÍA

Se tiene 19 variables bioclimáticas establecidas por las entidades públicas de Bolivia: INE (Instituto Nacional de Estadística), Senamhi (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología) y Ministerio de Medio Ambiente y Aguas. Estas se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Variables Bioclimáticas de Bolivia

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
BIO 1	Temperatura media anual
BIO 2	Rango de temperaturas diurnas
BIO 3	Isotermalidad (BIO2/BIO7) (* 100)
BIO 4	Estacionalidad en la temperatura (desviación estándar * 100)
BIO 5	Temperatura máxima del mes más cálido
BIO 6	Temperatura mínima del mes más frío
BIO 7	Rango anual de temperatura (BIO5-BIO6)
BIO 8	Temperatura media del trimestre más lluvioso
BIO 9	Temperatura media del trimestre más seco
BIO 10	Temperatura media del trimestre más cálido

BIO 11	Temperatura media del trimestre más frío
BIO 12	Precipitación anual
BIO 13	Precipitación del mes más lluvioso
BIO 14	Precipitación del mes más seco
BIO 15	Estacionalidad en la precipitación (coeficiente de variación)
BIO 16	Precipitación del trimestre mas lluvioso
BIO 17	Precipitación del trimestre más seco
BIO 18	Precipitación del trimestre más cálido
BIO 19	Precipitación del trimestre más frío

Nota. - BIO = Bioclima

Para la implementación de la técnica de análisis de componentes principales se usó el software RStudio, que genera una matriz de correlaciones entre las variables. Se estudiaron 19 variables bioclimáticas en 89 localidades del territorio nacional de Bolivia generando un total de 1691 datos, como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Base de datos de los 19 indicadores bioclimáticos y 89 localidades de Bolivia.

Pueblo	Departamento	Depto	Longitud	Latitud	Elevacion	BIO1	BIO2	BIO3	BIO4	BIO5	BIO6	BIO7	BIO8	BIO9	BIO10	BIO11
<chr>	<chr>	<chr>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>
1 Achacachi	La Paz	LP	-68.7	-16.0	3840	76	141	65	1882	160	-54	214	94	48	94	48
2 Agua Clara	La Paz	LP	-67.7	-13.1	178	260	111	72	1094	333	179	154	267	243	269	243
3 Aguayrenda	Tarija	TA	-63.8	-21.9	880	207	135	54	3548	315	68	247	241	176	248	157
4 Alianza	Santa Cruz	SC	-62.2	-14.3	187	246	129	70	1197	330	147	183	255	230	256	228
5 Alto Parag~	Santa Cruz	SC	-61.0	-15.2	192	243	137	68	1494	333	134	199	254	222	256	221
6 Andamarca	Oruro	OR	-67.5	-18.8	3751	89	177	67	2914	201	-62	263	119	46	119	46
# ... with 8 more variables: BIO12 <dbl>, BIO13 <dbl>, BIO14 <dbl>, BIO15 <dbl>, BIO16 <dbl>, BIO17 <dbl>, BIO18 <dbl>, BIO19 <dbl>																

Nota. BIO = Bioclima, Pueblo= localidad, los datos son de BIO1 a BIO 19.

Para la estandarización de datos se procede al cálculo de matriz de correlación, El valor de la correlación es -0.9868018

Figura 1. Matriz de Correlaciones.



Nota. BIO = Bioclima, Pueblo= localidad, los datos son de BIO1 a BIO 19. La correlación se muestra con la escala de colores.

La técnica elegida “análisis de componentes principales” (PCA) permite trabajar con una gran cantidad de variables y en función a la correlación, reduce la cantidad de variables permitiendo un análisis más simple del problema en estudio.

RESULTADOS

En este apartado se exponen los hallazgos, lo trascendente del estudio expresado con cierto detalle en la exposición que sostenga el porqué del trabajo: justificando las conclusiones a las que se arribó. Los resultados deben ser objetivos y claros demostrando que son la consecuencia lógica de la metodología utilizada.

El proceso del PCA identificó las direcciones en las que la varianza es mayor, En la Figura 2 se muestran los componentes principales más significativos.

Figura 2. Cálculo de componentes principales

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7
BIO1	0.2472700	-0.19241525	-0.16234880	-0.10824360	0.029504632	-0.011994648	0.036313084
BIO2	-0.2317278	-0.05664618	0.07832920	-0.37897575	0.508987145	-0.273225396	-0.073010942
BIO3	0.0668655	0.58657749	-0.28712297	-0.38695943	0.217955757	-0.152799060	0.363472975
BIO4	-0.1822804	-0.44333949	0.28555428	-0.09514490	-0.088111353	0.037359787	0.144541893
BIO5	0.2261805	-0.30669299	-0.15456527	-0.20845778	0.147068723	-0.027155680	-0.021826145
BIO6	0.2557538	-0.07690850	-0.17876758	-0.03490972	-0.091007627	0.058293533	0.076852163
BIO7	-0.2256298	-0.25401221	0.16247320	-0.20867912	0.387148592	-0.157567780	-0.188886329
BIO8	0.2360967	-0.27726735	-0.12630126	-0.12606219	0.003749194	-0.012599368	0.097769180
BIO9	0.2503880	-0.14189115	-0.19140788	-0.09923456	0.002987607	0.070592280	0.030429282
BIO10	0.2362588	-0.27646257	-0.13614163	-0.11357599	0.019557084	0.006203811	0.069522553
BIO11	0.2539295	-0.09888818	-0.19799800	-0.07325386	0.042835892	-0.025431357	0.005206934
BIO12	0.2518845	0.07764332	0.12595493	0.11104483	0.226020746	0.186072628	-0.184927973
BIO13	0.2399089	0.11812013	0.12913480	0.21758181	0.402065075	0.224268170	-0.200295631
BIO14	0.2168400	0.12419073	0.45809823	-0.33505779	-0.215437004	0.006048809	-0.067567345
BIO15	-0.2319027	-0.04147791	0.05287381	-0.22724787	0.139763232	0.799702677	0.416938724
BIO16	0.2455086	0.08025329	0.11384550	0.22094396	0.368694256	0.193292654	-0.167067504
BIO17	0.2292085	0.12104906	0.39133425	-0.27945472	-0.197652102	-0.004791070	-0.071675487
BIO18	0.2167023	-0.07347102	0.38072377	0.34931048	0.200940861	-0.320021248	0.701170873
BIO19	0.2442960	0.08837451	0.23390181	-0.28484792	-0.093218201	0.037302545	-0.074366713

Nota. PC= Componente principal, BIO = Bioclima.

Figura 3. Resultado de cada componente principal

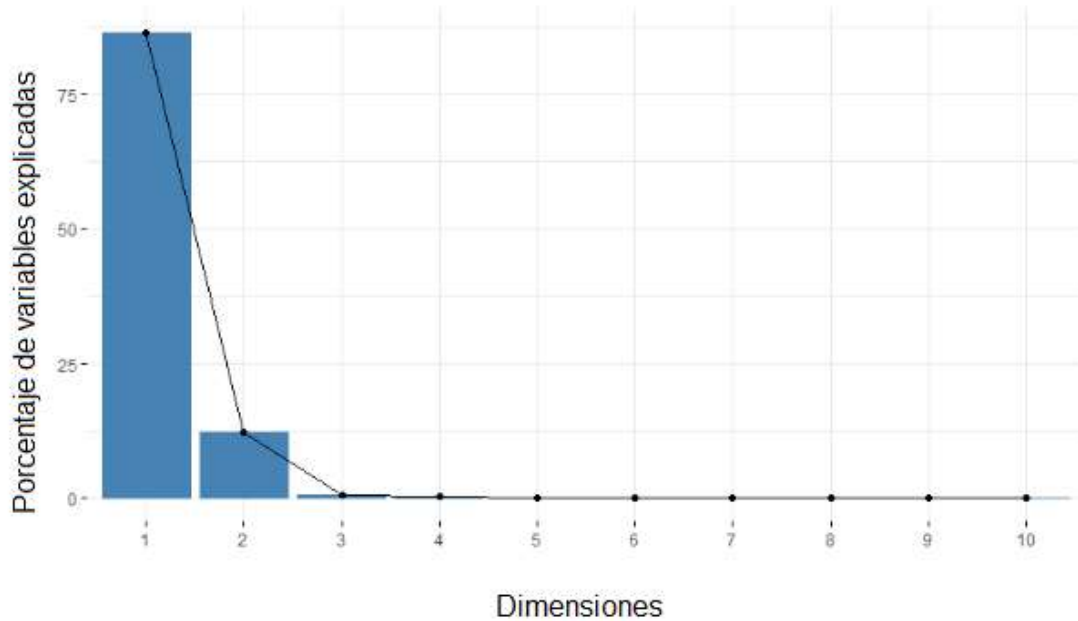
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
Standard deviation	3.8143	1.4582	0.96082	0.73414	0.64873	0.48692	0.35964	0.16963	0.14800
Proportion of Variance	0.7658	0.1119	0.04859	0.02837	0.02215	0.01248	0.00681	0.00151	0.00115
Cumulative Proportion	0.7658	0.8777	0.92626	0.95462	0.97677	0.98925	0.99606	0.99757	0.99873
	PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	
Standard deviation	0.10003	0.07416	0.06568	0.04069	0.03684	0.02852	0.01958	0.01117	
Proportion of Variance	0.00053	0.00029	0.00023	0.00009	0.00007	0.00004	0.00002	0.00001	
Cumulative Proportion	0.99925	0.99954	0.99977	0.99986	0.99993	0.99997	0.99999	1.00000	
	PC18	PC19							
Standard deviation	0.006849	3.841e-16							
Proportion of Variance	0.000000	0.000e+00							
Cumulative Proportion	1.000000	1.000e+00							

Nota. Son las desviaciones y varianzas típicas de cada componente

Como se observa en la Figura 3. muestra los valores de la desviación estándar y la varianza de componentes principales. El PC1 (componente principal 1) representa alrededor del 76.58% de la varianza total de las variables elegidas. La varianza de la PC2 representa el 11.19% de la varianza total, siendo estas dos las más significativas.

Por consiguiente, si observamos la Figura 2. podemos indicar que los Bioindicadores BIO 6, BIO9, BIO 11, BIO 12 (Temperatura mínima del mes más Frío, Temperatura media del trimestre más frío, Temperatura media del trimestre más seco, Precipitación anual) aportan más datos a la componente principal PC1; y BIO 3, BIO 4, BIO 5(isotermalidad, estacionalidad en la temperatura, temperatura máxima del mes más cálido) aportan más datos a la componente principal PC2.

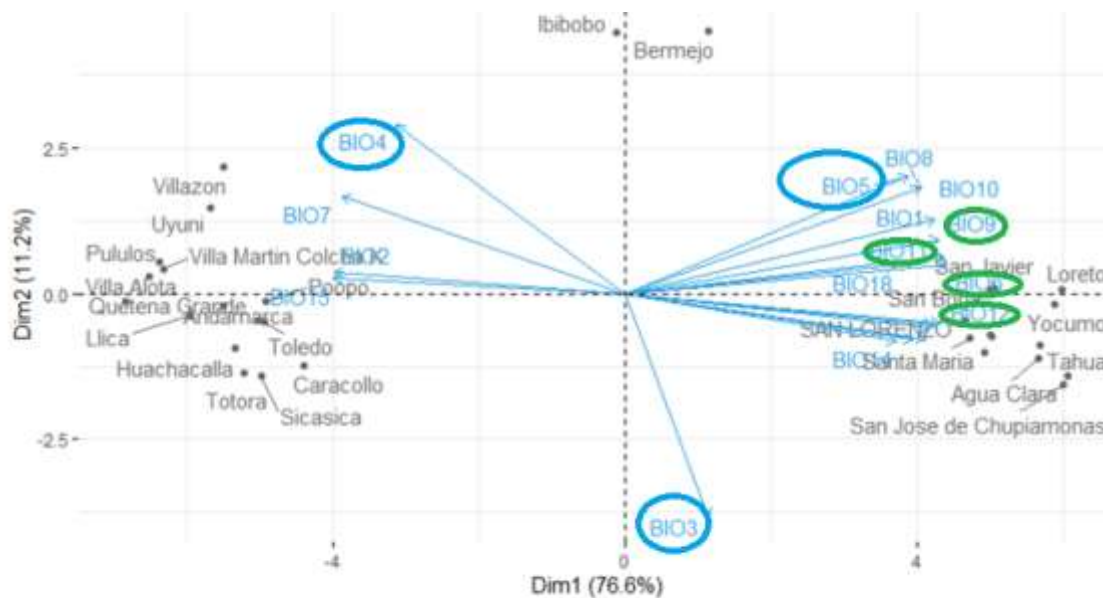
Figura 4. Visualización de Componentes



Nota. Dimensiones = al porcentaje de aporte de componente principal

En la figura 4, se visualiza la gráfica del porcentaje de variables explicadas Vs dimensiones, lo que indica que la PC1 y PC2 son las componentes principales más significativas.

Figura 5. Los 30 individuos que contribuyen más al estudio



Nota: BIO's verde= PC1, BIO's celeste = PC2

En la figura 5 se muestra a las 30 poblaciones que aportan más varianza a las componentes principales PC1 y PC2, las regiones cercanas a la componente principal 1 se comportan de manera próxima bajo la influencia de la temperatura fría en épocas secas.

Para las regiones cercanas a la componente 2 se comportan de manera constante donde la temperatura es más cálida, el cambio de temperatura es mínimo

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En base a la investigación realizada se concluye que en las zonas de mayor elevación Potosí, Oruro, parte de Chuquisaca y La Paz, existen localidades que son afectadas significativamente por temperaturas frías en épocas secas, de manera análoga en las zonas que presentan menor elevación Santa Cruz, Beni y Tarija, existen localidades con temperaturas extremadamente cálidas con un cambio de temperatura mínimo.

Las localidades de Bermejo e Ibibobo tienen la menor isothermalidad, manteniendo una temperatura constante durante todo el año, con variaciones mínimas.

LISTA DE REFERENCIAS

- Ballo Moreno, Amparo. (2008). 100 Problemas resueltos de estadística multivariante (implementados en Matlab). Madrid, España: Delta Publicaciones.
- Angulo Córdova, Q.; Muñoz Orozco, A.; Barradas Miranda, VL. (2004). ESTUDIO DEL BIOCLIMA HUMANO EN DIECISÉIS LOCALIDADES DEL ESTADO DE TABASCO MEDIANTE EL ÍNDICE DE CONFORT TEMPERATURA EFECTIVA. 29/07/2022, de universidad y ciencia Sitio web: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/https://www.redalyc.org/pdf/154/15404004.pdf>
- Plateros Gastelum, Pedro Antonio (2019). Reducción de dimensiones y selección de variables en modelos de distribución de especies. 14/07/2022, de RStudio Sitio web: https://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/556685_ad3ba4f6f3da47378fb13080fd5a196f.html
- Plateros Gastelum, Pedro Antonio (2019). Reducción de dimensiones y selección de variables en modelos de distribución de especies. 16/07/2022, de Rpubs by RStudio Sitio web: <https://www.rpubs.com/PedroAPG/556685>
- Amat Rodrigo, Joaquín (2017). Análisis de Componentes Principales (Principal Component Analysis, PCA) y t-SNE. 20/07/2022, de Rpubs by RStudio Sitio web: https://rpubs.com/Joaquin_AR/287787
- Jáuregui Ostos, Ernesto; Heres Pulido, María Eugenia (2008). El clima/bioclima de un parque periurbano de la Ciudad de México. 30-06-2022, de Investigaciones

- Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM Sitio web: <https://www.redalyc.org/pdf/569/56911125007.pdf>
- Gil Martínez, Cristina. (2018). ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (PCA). 20/07/2022, de Rpubs by RStudio Sitio web: https://rpubs.com/Cristina_Gil/PCA
- Tejeda Martínez, Adalberto; Rivas Camargo, David A. (2003). El bioclima humano en urbes del sur de México para condiciones de duplicación de CO2 atmosférico. 29-07-2022, de Investigaciones Geográficas (Mx) Sitio web: <https://www.redalyc.org/pdf/569/56905104.pdf>
- Huassasquiche Salvatierra, Janeth; Kómetter Mogrovejo, Roberto (2017). El aporte de los saberes comunales andinos en la utilización de los bienes y servicios ecosistémico. 30-07-2022, de Estudio de la Mancomunidad Saywite Choquequirao Ampay en Apurímac, Perú Sitio web: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.bosquesandinos.org/wp-content/uploads/2017/08/Articulo-05-PBA-web.pdf>
- Andressen, Rigoberto; Monasterio, Maximina; Terceros, Luis F. (2007). Regímenes climáticos del altiplano sur de Bolivia: una región afectada por la desertificación. 05/10/2022, de Revista Geográfica Venezolana, Universidad de los Andes Mérida, Venezuela, Redalyc.org. Sitio web: <https://www.redalyc.org/pdf/3477/347730365002.pdf>
- Tejada M., Freddy. (2013). Experiencias locales en adaptación al cambio climático en Bolivia. 05/10/2022, de T'inkazos. Revista Boliviana de Ciencias Sociales, Programa de Investigación Estratégica en Bolivia La Paz, Redalyc.org. Sitio web: <https://www.redalyc.org/pdf/4261/426142156002.pdf>
- Hernández Cerda, María Engracia; Ordoñez Díaz, María de Jesús; Giménez de Azcárate, Joaquín. (2018). Análisis comparativo de dos sistemas de clasificación bioclimática aplicados en México. 05/10/2022, de Investigaciones Geográficas, Universidad Nacional Autónoma de México Distrito Federal, Redalyc.org. Sitio web: <https://www.redalyc.org/journal/569/56966822004/56966822004.pdf>
- Carabajal, María Inés. (2016). Servicios climáticos y producción de conocimiento científico útil. Estudio de caso en una comunidad climática de Argentina. 05/10/2022, de Cuadernos de Antropología Social, Universidad de Buenos Aires, Redalyc.org. Sitio web: <https://www.redalyc.org/pdf/1809/180948645005.pdf>

- Díaz Cordero, Gerarda. (2012). El cambio climático. 05/10/2022, de Ciencia y Sociedad, Instituto Tecnológico de Santo Domingo , Redalyc.org. Sitio web: <https://www.redalyc.org/pdf/870/87024179004.pdf>
- González E., Martha; Jurado, Enrique ; González E., Socorro; Aguirre C. , Óscar ; Jiménez P., Javier; Navar, José. (2003). CAMBIO CLIMÁTICO MUNDIAL: ORIGEN Y CONSECUENCIAS. 05/10/2022, de Ciencia UANL, Universidad Autónoma de Nuevo León Monterrey, Redalyc.org. Sitio web: <https://www.redalyc.org/pdf/402/40260313.pdf>
- Pérez Palmar, Edwuid. (2017). El cambio climático, ¿ficción o realidad?... una percepción desde la comunidad internacional. 05/10/2022, de Revista Geográfica Venezolana, Redalyc.org, Universidad de los Andes Mérida. Sitio web: <https://www.redalyc.org/pdf/3477/347753792013.pdf>
- Staines Urias, Francisca. (2007). Cambio climático: interpretando el pasado para entender el presente. 05/10/2022, de Ciencia Ergo Sum, Universidad Autónoma del Estado de México Toluca, Redalyc.org. Sitio web: <https://www.redalyc.org/pdf/104/10414313.pdf>