

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

Departamento de Estadística

Doctorado en Estadística Multivariante Aplicada

Tesis Doctoral



ANÁLISIS MULTIVARIANTE DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

AUTOR: Marcelo Andrés Ruiz Toledo

TUTORA: María Purificación Galindo Villardón

DIRECTOR: Claudio Alberto Ruff Escobar

2021



**VNIVERSIDAD
D SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

DEPARTAMENTO DE ESTADÍSTICA

DRA. MARÍA PURIFICACIÓN GALINDO VILLARDÓN

Profesora Titular de la Universidad de Salamanca

y

DR. CLAUDIO ALBERTO RUFF ESCOBAR

Profesor Titular de la Universidad Bernardo O'Higgins

Rector Universidad Bernardo O'Higgins, Chile

CERTIFICAN:

Que Don **Marcelo Andrés Ruiz Toledo**, ingeniero comercial, ha realizado en el Departamento de Estadística de la Universidad de Salamanca, bajo su dirección, el trabajo para optar al Grado de Doctor en Estadística Multivariante Aplicada, que presenta con el título: "**Análisis Multivariante de Rankings Internacionales de Educación Superior**", autorizando expresamente su lectura y defensa. Y para que conste, firman el presente certificado en Salamanca a 14 de Julio 2021.

M.ª Purificación Galindo Villardón

Claudio A. Ruff Escobar

Ruff

ANÁLISIS MULTIVARIANTE DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR



DEPARTAMENTO DE ESTADÍSTICA

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

Marcelo Andrés Ruiz Toledo

Salamanca

2021

“Lo que un hombre puede ser, debe ser...”

-Abraham Maslow-

“Procuremos más ser padres de nuestro porvenir que hijos de nuestro pasado.”

-Miguel de Unamuno-

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, esposa e hijas por la paciencia, sacrificio y amor entregado en todo momento, han sido un pilar fundamental en este gran desafío.

A mi tutora, doña María Purificación Galindo Villardón por el gran apoyo y rigor académico que nos transmitió durante estos años, destacándose por su gran calidad humana y por su compromiso al hacernos parte de la hermosa comunidad de estadística multivariante de la Universidad de Salamanca.

En especial, a mi director don Claudio Ruff Escobar, quien me ha guiado y apoyado en todo momento, desde que fue mi profesor en pregrado, hasta hoy en día.

Finalmente, a todos quienes me acompañaron y que han sido parte de este trabajo.

RESUMEN

El traspasar la frontera del conocimiento utilizando modelos estadísticos avanzados aplicados en el área de la biología para apropiarlos en el campo de las ciencias sociales y de la administración, permite modelar y comprender fenómenos abstractos que impactan, directamente, en el quehacer y en el desarrollo de las instituciones de educación superior en el mundo.

Con este propósito, en el presente estudio, se utilizaron modelos exploratorios de datos de dos y tres vías, aplicados a bases de datos de Rankings internacionales de universidades desde el año 2016 al 2020, entre los cuales se puede señalar: el uso de HJ-Biplot, Co-Inercia y Biplot Dinámico. La aplicación de los modelos multivariantes antes señalados permitió:

- Determinar cómo se comportan y cuáles son los grupos de instituciones de acuerdo con posiciones en rankings internacionales.
- Analizar la posición relativa de instituciones latinoamericanas en los rankings mundiales, estableciendo cómo los rankings perciben a las universidades de esta parte del mundo.
- Analizar la existencia de una estructura consenso entre los rankings QS y THE 2017 que permite establecer si existen similitudes entre ellos o son todos diferentes.
- Evaluar si las universidades han tenido cambios en sus posiciones en el quinquenio estudiado, explorando hacia qué dimensión se están moviendo o si, en el caso contrario, han permanecido contantes en el tiempo.

Finalmente, con los análisis antes señalados, se determinó cuáles son las principales dimensiones sobre las que se mueven las universidades posicionadas en los lugares top del mundo, generando con ello un “benchmark” respecto a qué variables impactan de manera directa en la gestión institucional, medido desde la posición de los rankings y que, por lo tanto, se deben gestionar para incrementar el prestigio y

calidad institucional basado en un marco de eficiencia y gestión de información, datos e indicadores claves de administrar.

Palabras claves: *Rankings Mundiales, ARWU, THE, QS, HJ-BIPLoT, COINERCIA, BIPLoT Dinámico, Indicadores de gestión, Calidad y Prestigio universitario.*

ABSTRACT

Crossing boundaries of knowledge through advanced statistics models applied to the field of biology and bringing them to the fields of management and social sciences allows modeling and understanding abstract phenomena that directly impact the endeavor and development of higher education institutions in the world.

To this end, the study used exploratory models of two- and three-way data applied to databases of international rankings of universities from 2016 to 2020. Among them, it can be identified: the use of HJ-Biplot, Co-Inertia, and Dynamic Biplot. The application of these multivariate models enabled:

- To determine how institutions behave and which are groups of institutions regarding their positions in international rankings.
- To analyze the relative position of Latin American institutions in world rankings, establishing how rankings perceive universities in this part of the world.
- To analyze the existence of a consensus structure between rankings QS and THE of 2017 to establish if they are similar or if they are all different.
- To evaluate if universities have changed their positions during the five-year period studied by exploring towards which dimension they are shifting or, on the contrary, if they have remained steady over time.

Finally, based on the analyses mentioned above, it was determined which are the principal dimensions in which the top universities in the world are moving. Hence, it is generated a “benchmark” regarding which variables impact the institution management directly, measured from the position on the rankings, and, in consequence, the variables that should be managed to increment institutional prestige and quality, based on a frame of effectiveness and management of information, data, and key management indicators.

Keywords: *World rankings, ARWU, THE, QS, HJ-BIPLLOT, CO-INERTIA, Dynamic BIPLLOT, Management Indicators, University quality and prestige.*

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

1.1. Contexto de la investigación.....	26
--	----

CAPÍTULO 1

OBJETIVOS	29
------------------------	-----------

1.1. Objetivo General	30
-----------------------------	----

1.2. Objetivos Específicos	30
----------------------------------	----

CAPÍTULO 2

MATERIAL Y MÉTODOS	32
---------------------------------	-----------

2.1. Materiales y bases de datos	33
--	----

2.2. Metodología	33
------------------------	----

2.3. Estructura de trabajo.....	34
---------------------------------	----

CAPÍTULO 3

LOS RANKINGS INTERNACIONALES DE UNIVERSIDADES	38
--	-----------

3.1. Reflexiones preliminares	39
-------------------------------------	----

CAPÍTULO 4

DESCRIPCIÓN DE LOS RANKINGS	44
--	-----------

4.1. Academic Ranking of World Universities (ARWU).....	46
---	----

4.2.	Times Higher Education World University Rankings (THE).....	48
4.3.	Quacquarelli Symonds QS World University Ranking.....	51
4.4.	SCImago Institutions Rankings (SIR)	54
4.5.	Webometrics Ranking	58

CAPÍTULO 5

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DOCUMENTAL..... 61

5.1.	Rankings universitarios.....	63
5.2.	Comparación de rankings universitarios	64
5.3.	Estudios comparativos entre rankings globales versus rankings locales.....	66
5.4.	Estudio del Indicador de internacionalización en los rankings.....	68
5.5.	Estudio de los errores técnicos de las tablas de clasificación.....	69
5.6.	Estudio de otras propuestas para la clasificación de universidades.....	74
5.7.	Principales resultados de la revisión bibliográfica	86

CAPÍTULO 6

ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR 95

6.1.	Métodos BILOT.....	96
6.2.	Estudio de rankings internacionales de Educación Superior	102
6.3.	Aplicación Método HJ- Biplot	104
6.4.	Las universidades latinoamericanas en los rankings internacionales de universidades.....	135

CAPÍTULO 7

ESTRUCTURA COMÚN RANKINGS QS Y THE	163
7.1. Análisis de CO-Inercia.....	164
7.2. Estructura común entre Ranking QS y Ranking THE.....	168

CAPÍTULO 8

ANÁLISIS DINÁMICO DE LOS RANKINGS QS, ARWU Y THE DESDE EL 2016 AL 2020.....	176
8.1. Análisis de Biplot Dinámico	177
8.2. Análisis dinámico Rankings QS, ARWU y THE 2016 - 2020	178

CAPÍTULO 9

PROPUESTA DE INDICADORES DE GESTIÓN Y EFICIENCIA INSTITUCIONAL.....	197
9.1. Gestión universitaria en la sociedad del conocimiento y la globalización	198
9.2. La gestión de la información en la sociedad del conocimiento	200
9.3. Propuesta de Indicadores para Gestión Institucional.....	203

CAPÍTULO 10

DISCUSIÓN	208
CONCLUSIONES.....	217
REFERENCIAS	221
ANEXOS.....	233
Anexo I. Codificación Instituciones Ranking.....	234

Anexo II. Detalle de Clústeres Ranking QS	241
Anexo III. Detalle de Clústeres Ranking THE.....	242
Anexo IV. Detalle de Clústeres Ranking ARWU	243
Anexo V. Metodología Matemática Biplot Dinámico	244

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Indicadores y ponderaciones Ranking ARWU	46
Tabla 2. Indicadores y ponderaciones Ranking THE	49
Tabla 3. Indicadores y ponderación Ranking QS.....	52
Tabla 4. Indicadores y ponderaciones rankings Scimago.	54
Tabla 5. Indicadores ranking Webometrics.	59
Tabla 6. Localidades geográficas en cada ranking	65
Tabla 7. Pesos CIDI junto con los límites de peso de los indicadores.	80
Tabla 8. Resumen de la revisión bibliográfica	88
Tabla 9. Contribuciones del método HJ-Biplot	98
Tabla 10. Cantidad y porcentaje de Universidad por País	102
Tabla 11. Inercia para los tres primeros ejes Ranking QS.....	104
Tabla 12. Contribución del factor latente a la variable observable - Ranking QS.....	105
Tabla 13. Universidades Clúster 1	109
Tabla 14. Instituciones del Ranking QS ordenadas en función de sus coordenadas en el eje X.....	111
Tabla 15. Inercia para los dos primeros ejes Ranking THE.....	115
Tabla 16. Contribución del factor latente a la variable observable - Ranking THE	116
Tabla 17. Instituciones del Ranking THE ordenadas en función de sus coordenadas en el eje X.....	118

Tabla 18. Detalle de Universidades Clúster 5.....	123
Tabla 19. Inercia para los dos primeros ejes Ranking ARWU	125
Tabla 20. Contribución del factor latente a la variable observable - Ranking ARWU.....	126
Tabla 21. Instituciones Ranking ARWU ordenadas en función de sus coordenadas en el eje X.....	128
Tabla 22. Detalle de Universidades Clúster 4.....	132
Tabla 23. Detalle de Universidades Clúster 5.....	133
Tabla 24. Cantidad de instituciones por País en rankings QS latinoamericanos.....	142
Tabla 25. Cantidad de instituciones por País en rankings THE latinoamericanos.....	143
Tabla 26. Inercia para los dos primeros ejes, Latin Ratio THE	151
Tabla 27. Contribución de cada eje factorial a variabilidad de indicadores, Latin Ratio - THE	151
Tabla 28. Inercia para los tres primeros ejes, Latin Ratio QS	152
Tabla 29. Contribución de cada eje factorial a la variabilidad de los indicadores, Latin Ratio QS.....	152
Tabla 30. Inercias y correlaciones de los ejes de co-inercia	172
Tabla 31. Universidades del Top-15 en ARWU, THE y QS.....	179
Tabla 32. Varianza explicada ARWU.....	180
Tabla 33. Contribución de cada eje factorial a la variabilidad de los indicadores ARWU.....	180
Tabla 34. Varianza explicada Ranking THE.	185
Tabla 35. Contribución de cada eje factorial a la variabilidad de los indicadores Ranking THE.	186
Tabla 36. Varianza explicada tres primeros ejes Ranking QS.	192

Tabla 37. Contribución de cada eje factorial a la variabilidad de los indicadores QS.....	192
Tabla 38. Indicadores Relevantes Institucionales.....	205

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de tres indicadores en sistemas de ranking nacional y global.....	67
Figura 2. Representación gráfica HJ-BIPLLOT.....	101
Figura 3. Resultados HJ- Biplot Ranking QS. Plano 1-2. Clúster Ranking QS.....	107
Figura 4. Resultados HJ- Biplot Ranking QS. Plano 2-3.....	108
Figura 5. Resultados HJ- Biplot Ranking THE. Plano 1-2 - Clúster Ranking THE.	117
Figura 6. Resultados HJ- Biplot Ranking ARWU. Plano 1-2 - Clúster Ranking ARWU.....	127
Figura 7. HJ-Biplot Ranking THE 2020 Latino Sumados (99.6%)	144
Figura 8. HJ-Biplot Ranking QS 2020 Latino Sumados (98%).....	146
Figura 9. HJ-Biplot Ranking THE 2020 Latino promediados (73%)	147
Figura 10. HJ-Biplot Ranking QS 2020 Latino promediados (67%)	149
Figura 11. HJ-Biplot Ranking THE 2020 Latino ratio (99%)	154
Figura 12. HJ-Biplot Ranking QS 2020 Latino ratio (95%).....	155
Figura 13. HJ-Biplot ranking THE 2020 Internacional (81%)	157
Figura 14. HJ-Biplot ranking QS 2020 Internacional (82%).....	158
Figura 15. HJ-Biplot ranking ARWU 2020 internacional (85%)	159
Figura 16. Relación entre dos conjuntos de variables :X, Y	166
Figura 17. Análisis de la Matriz Ranking QS.....	168
Figura 18. Análisis de la matriz Ranking THE	169

Figura 19. Gráfico de sedimentación.....	170
Figura 20. Pesos de co-inercia óptimos Matriz Ranking QS y Matriz Ranking THE.....	170
Figura 21 Ejes de Inercia y de CO-Inercia Ranking QS y Ranking THE.....	171
Figura 22. Test Monte-Carlo (xtest = COINERCIA, nrepet = 1000, fixed = 0)	173
Figura 23. Gráfico de Co-ESTRUCTURAS Ranking QS - THE.....	174
Figura 24. Representación factorial HJ-Biplot Ranking ARWU (2020), plano 1-2.....	181
Figura 25. Representación factorial Biplot Dinámico Ranking ARWU, plano 1-2	183
Figura 26. Representación factorial HJ-Biplot Ranking THE (2020), planos 1-2 y 1-3.....	187
Figura 27. Representación factorial Biplot Dinámico Ranking THE, plano 1-2	189
Figura 28. Representación factorial Biplot Dinámico Ranking THE, plano 1-3	191
Figura 29. Representación factorial HJ-Biplot Ranking QS (2020), planos 1-2 y 1-3.....	193
Figura 30. Representación factorial Biplot Dinámico Ranking QS, plano 1-2	195

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Frente a los requerimientos y exigencias que presentan los vertiginosos cambios sociales que han caracterizado los últimos tiempos, donde la globalización y los acelerados avances tecnológicos son imperantes (Larana, 2018), se suscita el cuestionamiento acerca del papel que juegan las instituciones de educación superior en el desarrollo y el progreso social. Asimismo, se generan preguntas acerca del modo que tienen las instituciones de asegurar un proceso de gestión efectivo, que acredite una educación de calidad, la que debe ser medida de manera objetiva, clara y cuantificable (Anguera, 1989; González y Espinoza, 2008).

En este contexto, surgen los rankings de educación superior como una herramienta de análisis del desempeño institucional, cuyo valor puede llegar a ser determinante en la toma de decisiones de una organización (Hazelkorn, 2015). Los rankings de educación superior internacionales son un conjunto de variables cuantitativas y cualitativas contruidos con indicadores objetivos y algunos subjetivos. Con todo, los rankings tienen detractores y defensores: los primeros, señalan que no cuentan con rigor académico, que poseen sesgos, entre otros. Los segundos, afirman que sirven como indicadores de posiciones relativos que, si bien presentan sesgos o deficiencias, permiten ubicar globalmente a las universidades y realizar comparaciones entre ellas (Moed, 2017; Ordorika, 2015).

Una de las funciones esenciales que cumplen los rankings, es orientar a los futuros estudiantes, quienes consultan estos sistemas de clasificación para tener una primera imagen de la institución y decidir en qué lugar estudiar. Este antecedente obliga a las universidades a prestar atención al lugar en el que están posicionadas en el escenario universitario, tomando en consideración los indicadores empleados en estas clasificaciones y, a su vez, teniendo claridad de sus posibles sesgos o errores en la información u omisión de parte de ella (Espeland y Sauder, 2016). En consecuencia, el manejo y generación de información fidedigna y oportuna es uno de los primeros desafíos que debe superar una institución de educación superior.

INTRODUCCIÓN

En este contexto, durante los últimos años, han surgido en las universidades las denominadas unidades de "Análisis Institucional", las cuales tienen la responsabilidad de velar por la correcta generación de cifras, datos e información que las instituciones deben compartir o entregar a diferentes stakeholders sean estos internos, tales como: Junta Directiva, Consejo Académico, rector, vicerrectores, entre otros, y por otra parte, externos, tales como, Ministerio de Educación (MINEDUC), Comisión Nacional de Acreditación (CNA), Servicio de Información de Educación Superior dependiente del Mineduc, Superintendencia de Educación.

En este sentido, estas unidades deben contar con el personal adecuado para investigar y analizar antecedentes relevantes que tributen a la toma de decisiones y a asegurar la consistencia y validación de la información. Además, les corresponde constituirse como parte en la generación de estudios y reportes encargados de comparar y revisar los puestos relativos de la universidad, reflejados en el lugar que ocupa en los diferentes rankings, lo que denotaría y señalaría prestigio y calidad en la medida que logre mejores y más altas posiciones.

En lo que respecta con el objeto de estudio de esta tesis doctoral, este se centra en los rankings internacionales de las universidades y su impacto en la gestión universitaria derivado de mejorar la calidad de indicadores universitarios en las tres misiones institucionales: Investigación, Docencia de Pre y Postgrado y Transferencia de Conocimiento. Por esta razón, se propone como objetivo general, evaluar la relación entre los diferentes rankings internacionales universitarios y su aporte a la gestión y eficiencia universitaria.

INTRODUCCIÓN

I.1. Contexto de la investigación

En este mundo globalizado, inmerso en el paradigma emergente de la posmodernidad, las relaciones sociales son marcadas con un sello desafiante de inmediatez, donde prevalece el exceso de información y la constante demanda de eficiencia y cualificación que las obliga a evaluar muchos de sus procesos, según exigentes normas de calidad, entre ellos, y con distinción, su sistema educativo y de formación. Por esta razón, los requerimientos que deben ser atendidos por la educación superior son uno de los focos que concentran la mayor atención y discusión a la hora de evaluar la eficacia de los procesos formativos de una nación, ya que, desde sus orígenes, las universidades han sido consideradas como las principales entidades llamadas a promover el desarrollo social, a través de la generación y difusión del conocimiento.

Considerando lo anteriormente señalado, esta investigación se sustenta en un razonamiento avanzado, basado en una idea original de estudio y análisis multivariante de los rankings internacionales de las universidades, el cual, hasta hoy no ha sido abordado desde la óptica de la gestión y eficiencia universitaria, hecho que afecta a la mayoría de las instituciones de educación superior en el mundo. A partir de esto, se adopta una mirada analítica de las relaciones entre indicadores de calidad y gestión universitaria, medida a través de los resultados obtenidos en los rankings.

En este punto, es significativo destacar que la aparición de los rankings mundiales de educación terciaria es un hecho reciente que nace de la globalización. Este fenómeno ha incrementado la competencia entre universidades desde variados ámbitos de la gestión, como son: los recursos financieros, a través de fondos concursables, la mejor cualificación de docentes y estudiantes y la calidad en las investigaciones.

INTRODUCCIÓN

La competencia generada por los rankings ha hecho que estos instrumentos influyan, directamente, en los mecanismos institucionales de aseguramiento de la calidad (Salmi y Saroyan, 2007). Esto, a pesar de que existen variadas críticas a los sistemas de clasificación de las universidades, en especial, por sus construcciones metodológicas. Sin embargo, no se puede negar el impacto que estos han tenido, principalmente, por la información que aporta a todos los actores del quehacer universitario, especialmente, a los estudiantes (Altbach, 2007). De hecho, en la actualidad, las universidades son objeto de constantes mediciones y comparaciones entre instituciones de educación superior, proceso en el que los rankings inciden, sobre todo, en lo relativo a las elecciones que hacen los estudiantes extranjeros de las universidades a las que ingresarán (Burrell, 2013). En este sentido, se considera que los rankings son una guía confiable de información sobre variados indicadores de calidad de las universidades, así como de sus programas de estudios.

Por otra parte, si bien se ha señalado que los rankings están a favor de un grupo de universidades con investigaciones de “primer nivel y presupuestos millonarios”, estos sistemas de clasificación pueden actuar como una fuente de estímulo para mejorar las prácticas institucionales de otras universidades.

Por todo lo anteriormente expuesto, es de suma importancia contar con estudios que se enfoquen en investigar la verdadera incidencia de los rankings en la toma de decisiones de las instituciones, así como en analizar las relaciones que existen entre ellos y sus principales indicadores de impacto. En este sentido, y bajo una mirada cuantitativa, esta investigación es pionera, ya que aborda estas temáticas con técnicas multivariadas de datos que buscan dar respuestas a estas preguntas.

CAPÍTULO 1

OBJETIVOS

CAPÍTULO 1. OBJETIVOS

1.1. Objetivo General

El propósito general de esta investigación es ampliar la frontera del conocimiento aplicando técnicas estadísticas multivariantes al análisis de rankings internacionales de universidades, con la finalidad de ampliar el conocimiento y análisis de ellos, además de mejorar la gestión y eficiencia estas instituciones, centrando su atención en los indicadores generadores de prestigio y calidad en las universidades, medidos desde la posición de los Ranking Internacionales.

1.2. Objetivos Específicos

1. Sistematizar información histórica de rankings universitarios internacionales desde el año 2016 al 2020.
2. Evaluar, mediante el análisis multivariante, las relaciones existentes entre un conjunto de indicadores cualitativos y cuantitativos de los rankings internacionales seleccionados Academic Ranking of World Universities (ARWU), Times Higher Education (THE) y Quacquarelli Symonds (QS).
3. Categorizar las universidades, mediante clúster de similitud y evolución en el periodo analizado.
4. Evaluar si existe una estructura consenso entre los rankings: Times Higher Education (THE) y Quacquarelli Symonds (QS)
5. Proponer indicadores de administración institucional de información, basado en información, datos e indicadores claves de gestión, que aporten a la eficiencia, el prestigio y calidad institucional.

CAPÍTULO 2

MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Materiales y bases de datos

Obtenidas y descargadas desde los sitios web de cada Ranking, recopilando información desde el año 2016 al 2020:

- a) Academic Ranking of World Universities (ARWU).
- b) The Times Higher Education World University (THE).
- c) QS World University Rankings (QS).
- d) The SCImago Institutions Rankings (SIR).

El tamaño de datos y variables permitió construir tablas de dos entradas y cubos de información sobre los cuales se aplicaron los métodos HJ-Biplot, COINERCIA y Biplot Dinámico.

2.2. Metodología

Con el propósito de cumplir los objetivos definidos en este trabajo, el análisis comenzó con la revisión exhaustiva de la literatura relacionada con otros estudios similares, en los que hayan sido analizados los principales rankings internacionales de universidades, aplicando técnicas estadísticas. Esto con el objeto de corroborar que los métodos estadísticos multivariantes propuestos en el presente trabajo no hayan sido utilizados con anterioridad y que, a la vez, permitieran dar respuesta al comportamiento de individuos (universidades) y/o variables de manera estática y/o dinámica en el tiempo. Esto se ejecutó, en primer lugar, observando y analizando datos de dos vías, y, en segundo lugar, analizando estructuras de datos de tres vías. En este punto, es significativo destacar que la finalidad del uso de métodos estadísticos multivariantes fue expandir la frontera del conocimiento en lo relacionado con rankings internacionales de universidades, utilizando nuevos métodos estadísticos que amplíen lo ya conocido acerca del tema.

2.3. Estructura de trabajo

Capítulo 3. Los Rankings Internacionales de universidades

En este capítulo, se hace una reflexión respecto al papel que han jugado los rankings internacionales de universidades, a su vez, se destaca como algunos autores los valoran y otros los refutan, señalando, por parte de los primeros, las virtudes que estos tienen y los segundos, exponiendo sus errores y los sesgos que presentan. Para efectos de este trabajo no se consideró dicha rivalidad, sino más bien, se remitió a analizar la información cuantitativa que entregan los rankings con los datos disponibles y en investigar cómo se perfilan las universidades en ellos. Al mismo tiempo, es importante reconocer que los rankings son una realidad cuya influencia crece con los años, siendo una referencia, no solo para comparar y seleccionar, sino que incluso puede influir en la financiación de ayudas de movilidad internacional.

Capítulo 4: Descripción de los rankings

En esta parte del estudio se describe la metodología que utilizan los diferentes rankings internacionales de universidad para su construcción, los que en esencia cubren las tres misiones principales de las universidades, a saber: Investigación, Docencia y Transferencia de Conocimiento. Es por ello, que se describe la matriz sobre la cual se construyen, destacándose la mirada que se da a las cifras de Investigación, la Reputación a través de encuestas a expertos, y finalmente, cómo capturan las diversas actividades académicas con información solicitada directamente a las instituciones.

Los 3 principales rankings utilizados en este trabajo son: Academic Ranking of World Universities (ARWU), The Times Higher Education World University (THE), QS World University Rankings (QS) detallándose las variables y la descripción de lo que ello involucra.

CAPÍTULO 2. MATERIAL Y MÉTODOS

Capítulo 5. Revisión bibliográfica y documental

En este apartado, se realiza una revisión bibliográfica de investigaciones relacionadas con ranking internacionales de universidades con análisis estadísticos aplicados a ellos, dicho trabajo arrojó como resultado un total de 16 investigaciones publicadas desde el 2010 al 2018, lo cual permite conocer los últimos avances en la aplicación de métodos estadísticos a los rankings internaciones de universidades. A su vez, esta revisión centra las bases sobre las cuales se construye el análisis fundamental de esta investigación.

Capítulo 6. Análisis de rankings internacionales de educación superior

En este capítulo se detalla la técnica HJ-Biplot, la cual permite representar simultáneamente y con máxima calidad de representación, los marcadores de individuos (filas) y los marcadores columnas (variables) en un mismo sistema de referencias. Dicha técnica se aplica a los rankings ARWU, QS y THE del año 2017, seleccionando las primeras 200 instituciones que aparecían listadas en ellos, con la finalidad de evaluar y representar la posición de las universidades y generar grupos (clústers) de ellas. Por otra parte, se aplica un HJ-Biplot a los tres rankings antes mencionados, pero, en esta ocasión, se toma el año 2020 y se realiza una separación por país en los sistemas regionales, y otra por la región latinoamericana para revisar el comportamiento de estas.

Capítulo 7. Estructura común rankings QS y THE

En esta parte se describe la técnica COInercia (COIA) que permite comparar dos conjuntos de datos manteniendo los mismos individuos (universidades), pero con diferentes variables (columnas), de datos. La finalidad de este procedimiento es evaluar si existía una estructura “común” de coestructura entre los diferentes rankings, para lo cual se aplica y comparan las 161 primeras universidades de los rankings QS y THE del año 2017.

CAPÍTULO 2. MATERIAL Y MÉTODOS

Capítulo 8: Análisis dinámico de los rankings QS, ARWU y THE desde el 2016 al 2020

En este capítulo, se describe la técnica proveniente de la escuela Salmantina denominada “Biplot Dinámico”, la cual es aplicada al análisis de matrices de tres vías con la finalidad de representar simultáneamente el movimiento que han tenido los individuos (universidades) con las columnas (variables) para finalmente, obtener un conjunto de trayectorias y evaluarlas en el tiempo. Esto permite evaluar desde una perspectiva multivariante cómo se comportan las universidades y sus respectivos ponderadores en el tiempo. Por esta razón, dicha técnica se aplicó para representar el comportamiento de las universidades TOP-15 de rankings internacionales de universidades QS, THE y ARWU con una perspectiva dinámica de 5 años.

Capítulo 9. Propuesta de indicadores de gestión y eficiencia institucional.

En este apartado se analizan los principales resultados obtenidos, y se propone el diseño de una unidad especializada en las universidades que sean capaces de sistematizar y comparar información relevante para la toma de decisiones, considerando un perfil objetivo de universidad, que permita orientar la inversión y gestión de recursos institucionales con la doble finalidad de incrementar el prestigio y calidad de las universidades medido a través de mejoras en las posiciones de los rankings internacionales de universidades.

CAPÍTULO 3

LOS RANKINGS INTERNACIONALES DE UNIVERSIDADES

3.1. Reflexiones preliminares

La calidad de la educación superior se ha convertido en un asunto de gran trascendencia en los últimos años. Para certificar esta calidad, han surgido, paralelamente a la vía de acreditación, múltiples rankings internacionales que pretenden realizar una evaluación integral de las universidades. Las clasificaciones internacionales constituyen, por tanto, herramientas de evaluación que facilitan comparaciones del desempeño entre diferentes instituciones académicas (Docampo y Cram, 2014). Los rankings internacionales proponen un modelo de evaluación de la calidad, de uso instrumental, que da cuenta, a partir de una perspectiva cuántica, acerca de lo que se considera como un indicador significativo a la hora de dimensionar los elementos constitutivos y valorables del concepto de calidad en el ámbito de la educación superior.

Si bien el fenómeno de los rankings es un tema de suma actualidad, la aparición de estos listados de instituciones no es un fenómeno nuevo. Uno de sus antecedentes son las clasificaciones publicadas por Jack Gorman, entre los años 1967 y 1983, que pretendieron listar un centenar de programas de universidades norteamericanas y del resto del mundo, en función de su calidad. Sin embargo, no es sino hasta comienzos del siglo XXI, cuando los rankings internacionales adquieren relevancia y visibilidad, en gran parte, gracias a su difusión vía internet (Sanz-Casado et al., 2013).

En este contexto, en que los rankings han adquirido mayor notoriedad, las universidades se han visto afectadas –de manera explícita e implícita– por una tendencia de clasificación, que las categoriza y que las reviste de un manto de mayor o menor prestigio, según el lugar que ocupen en la tabla de posicionamiento del rango mundial (Hazelkorn, 2015; Salmi, 2009). Así, se ha intensificado el nivel de competencia entre las universidades, las que en general, han destinado más recursos y han modelado su gestión, en busca del cumplimiento de los indicadores establecidos, para ser reconocidas a nivel

CAPÍTULO 3. LOS RANKINGS INTERNACIONALES DE UNIVERSIDADES

internacional (Orozco et al., 2015), es decir, los rankings internacionales han impactado en la gobernanza de las instituciones de educación superior.

Junto con lo anterior, se observa una consolidación de los rankings como instrumentos habituales para evaluar la excelencia de los sistemas universitarios, pues los *stakeholders* los emplean con frecuencia para la toma de decisiones; los estudiantes universitarios, sobre todo, aquellos con mayor capacidad económica, los utilizan como mecanismo para confirmar la elección del centro en el que estudiar; los gobiernos para asignar fondos de becas; las universidades para el diseño de sus planes estratégicos.

De manera general, los rankings internacionales de educación superior se conforman por un conjunto de variables cuantitativas y cualitativas construidas con indicadores objetivos, entre los que se pueden encontrar: cantidad y cualificación de los docentes, número de estudiantes y productividad científica (Pérez-Esparrells y López- García, 2009). Se suman a lo ya señalado, algunas variables subjetivas, como las encuestas de reputación de académicos y el grado de satisfacción de los empleadores, en relación con los titulados en cada institución.

En cuanto a los factores que podrían explicar la popularización en la implementación de los rankings, se pueden encontrar el uso de un número limitado de indicadores, la comparabilidad y la facilidad de interpretación (Pandiella-Dominique et al., 2018). Para Hazelkorn (2015), existen dos razones asociadas al fenómeno de los rankings, por un lado, la internacionalización de la educación superior dirigida hacia la búsqueda de talentos y, por otro, la mercantilización orientada hacia una competencia por el prestigio, que incide en la elección de los estudiantes.

Si bien son variados los puntos de vista acerca de la utilidad de los rankings, cuyas ventajas y desventajas comentaremos más adelante en este capítulo, sus defensores afirman que estos sistemas de clasificación permiten posicionar globalmente a las universidades y realizar comparaciones entre ellas,

CAPÍTULO 3. LOS RANKINGS INTERNACIONALES DE UNIVERSIDADES

constituyéndose en una guía confiable de información sobre variados indicadores de calidad de las universidades, así como también de sus programas de estudios (Moed, 2017; Ordorika, 2015).

En este sentido, los rankings desempeñan un papel fundamental en el posicionamiento de una universidad, dado que son consultados por los futuros estudiantes de todo el mundo, para así componer una primera imagen de la institución y, con dichos antecedentes, dictaminar una elección. Por otra parte, obliga a la universidad a atender y a examinar el lugar en el que el contexto universitario la ha situado, sobre la base de los indicadores seleccionados, considerando los posibles sesgos de la información o las omisiones presentadas por ella (Espeland y Sauder, 2016). En consecuencia, el manejo y generación de información fidedigna y oportuna constituye uno de los primeros desafíos que debe superar una institución de educación superior.

Por otro lado, en lo que atañe a los objetivos de esta tesis doctoral, es significativo destacar que la aparición de los rankings mundiales de la educación terciaria implica un fenómeno que ha incrementado la competencia, desde variados ámbitos de la gestión, como por ejemplo: la obtención de recursos financieros a través de fondos concursables, la contratación de los mejores docentes, la admisión y matrícula de estudiantes de alto perfil y el desarrollo y promoción de procesos de investigación de elevada calidad e impacto. Desde principios del siglo XXI, se unió a esta competencia el prestigio internacional, dada las posiciones en los rankings más importantes a nivel internacional. En síntesis, la aparición y difusión mundial de estos instrumentos han presionado al mejoramiento de los diversos mecanismos de aseguramiento de la calidad de cada una de las instituciones (Salmi y Saroyan, 2007).

La creación de ranking de medición de universidades, se ha definido como un indicio de la “globalización de la competición entre universidades dentro del contexto de la sociedad del conocimiento” (Krüger y Molas, 2010, p.2) y ha generado puntos de vista a favor y en contra de estos

CAPÍTULO 3. LOS RANKINGS INTERNACIONALES DE UNIVERSIDADES

sistemas de clasificación. Así, la creación de rankings ha introducido una lógica del *benchmarking* en el funcionamiento de las universidades, que ha permitido medir la calidad del servicio entregado por cada institución. El problema es que las universidades son instituciones de carácter complejo, que entregan a los sujetos una diversa gama de servicios difíciles de medir (Cruz-Vargas y Rodríguez, 2019), en tanto que las tendencias institucionales que acercan la academia al modo empresarial, aumentan el riesgo que la universidad pierda su función y relevancia social (López- Segrera, 2008).

En este sentido, algunas perspectivas críticas respecto a la creación de rankings universitarios han señalado que estos han introducido un método competitivo en el sistema universitario internacional, que ha generado un fenómeno de comparación entre instituciones y que ha dejado como resultado “unos pocos ganadores y muchos perdedores” (Orozco et al., 2015b).

Al contrario, las visiones a favor del uso del ranking como modo de evaluación de la calidad universitaria han argumentado que, durante las últimas décadas, se han realizado avances significativos en la construcción de metodologías más precisas y holísticas, que han abarcado indicadores antes marginados de los primeros rankings universitarios. Asimismo, la creación de ranking universitarios podría convertirse en una herramienta útil en el control y medición de la calidad entregada por las universidades, junto con entregar información relevante a los estudiantes en el momento de decidir en qué institución estudiar.

Se debe agregar que los rankings son hoy una realidad que influye y crece con los años, construyendo una percepción de prestigio y calidad, lo que obliga a las instituciones a ser más eficiente, mejorar y gestionar sus indicadores institucionales relevantes traducido en incrementos en productividad en investigación y docencia, cuerpo académico cualificado y una mejor transferencia de ese conocimiento a la sociedad. Por lo tanto, las universidades deben conocer y gestionar la información que entregan los rankings para mejorar la toma de decisiones institucionales.

CAPÍTULO 4

DESCRIPCIÓN DE LOS RANKINGS

CAPÍTULO 4. DESCRIPCIÓN DE LOS RANKINGS

En este capítulo se abordarán los rankings internacionales universitarios más reconocidos en la educación superior, su descripción, características, ventajas y limitaciones.

Entre ellos es posible destacar aquellos centrados en la producción científica, altamente medible y cuantificable, y los basados en factores más particulares asociados al prestigio institucional (Montané et al., 2017). Parellada y Álvarez (2017) consideran que las listas de mayor impacto son aquellas que simplifican más sus resultados, es decir, las que muestran una tabla de clasificación y una puntuación general fácilmente comprensible. Para estos autores, las tres clasificaciones que mejor cumplen estos criterios son: Academic Ranking of World Universities (ARWU), Times Higher Education World University Rankings (THE) y QS World University Rankings (QS), que surgió tras su separación en el año 2010 del ranking THE. Hazelkorn (2014) califica a estos rankings como los “tres grandes”, siendo los más empleados por estudiantes, académicos, empresas y gobiernos.

Para otros autores, estas tres listas miden la excelencia institucional, compuesta por un componente de excelencia académica y otro de excelencia gerencial, ponderadas de manera diferente (Goglio, 2016; Johnes, 2018). Otros investigadores consideran a ARWU, THE y QS entre los más destacados e influyentes (Dávila, 2018a; Safón, 2013). Otros rankings reconocidos son SCImago Institutions Ranking o Leiden World Ranking, estos dos últimos centrados exclusivamente en resultados de la investigación.

4.1. Academic Ranking of World Universities (ARWU)

Junto con el ranking THE, ARWU es uno de los primeros sistemas de clasificación surgió en el 2003, año en que se publica, por primera vez, el Shanghai Jiao Tong Academic Ranking of World Universities, producido por el Center for World-Class Universities (CWCU) de la Universidad Jiao Tong (China) y conocido, popularmente, como ARWU o Ranking de Shanghai.

ARWU tiene una periodicidad anual y considera a un total de 2.000 universidades valoradas en función de las dimensiones, indicadores y ponderaciones que aparecen en la Tabla 1.

Tabla 1. Indicadores y ponderaciones Ranking ARWU

Dimensión	Indicador	Código	Ponderación
Calidad De La Docencia	Egresados (Alumni) con Nobel y Fields	Alumni	10%
Calidad Del Profesorado	Profesores con Nobel y Fields	Award	20%
	Investigadores altamente citados	HiCi	20%
Producción Investigadora	Artículos en Nature & Science	N&S	20%
	Artículos en SCIE y SSCI	PUB	20%
Tamaño de la Institución	Rendimiento académico per cápita	PCP	10%

La calidad de la docencia se mide a través de los egresados que hayan obtenido títulos de grado, máster o doctorado en la institución y que hayan recibido un premio Nobel o medalla Fields. Se establecen diferentes pesos, según los periodos de obtención de los títulos, que van desde el 100% para los alumnos que obtuvieron títulos después del 2011 hasta el 10% para aquellos alumnos que los recibieron entre 1921 y 1930.

En la calidad del profesorado, se considera el número total del personal de una institución que ganó los Premios Nobel de Física, Química, Medicina, Economía y la Medalla Fields en Matemáticas. Si el

CAPÍTULO 4. DESCRIPCIÓN DE LOS RANKINGS

profesor está afiliado a más de una institución se le asigna a cada una de ellas. También, se mide como calidad del profesorado el número de investigadores altamente citados, según la lista publicada por Clarivate Analytics.

La producción investigadora se determina a través del número de artículos en *Nature & Science*, así como el número de artículos indexados en *Science Citation Index Expandex (SCIE)* y *Social Sciences Citation Index (SSCI)*, en los últimos cinco años. En el caso de las Ciencias Sociales, se introduce un peso especial de 2 y la base de datos empleada para el análisis es la *Web of Science*.

La última dimensión del ranking, el tamaño de la institución, que se determina a través de las puntuaciones ponderadas de los cinco indicadores anteriores, divididos por el número de personal académico equivalente a tiempo completo. Este dato relativo al profesorado de las instituciones se obtiene de fuentes gubernamentales y, cuando no se puede acceder a él, se emplean las puntuaciones ponderadas de los cinco indicadores anteriores.

Aunque en sus inicios, ARWU se creó con el objetivo de conocer el posicionamiento de las instituciones chinas en el mundo, en la actualidad se ha convertido en un referente a nivel mundial. Su valoración e influencia ha trascendido sus propias fronteras hasta el punto de ser reconocido como un instrumento sólido de medición, ya que es el único que emplea solo datos objetivos, independientes a las instituciones estudiadas, descartando como herramienta de análisis las encuestas de opinión (Montané et al., 2017).

A pesar de su popularidad, se objetan a ARWU debilidades como la orientación a la investigación de sus indicadores, la falta de relevancia, la capacidad selectiva de los indicadores sustentados en el número de premios (Nobel, Fields) y el hecho de que exista un elevado número de universidades que

CAPÍTULO 4. DESCRIPCIÓN DE LOS RANKINGS

nunca entrarán en la clasificación (Yong Amaya et al., 2018), ya que existe una baja factibilidad de que estos resultados puedan ser reproducidos en universidades en contextos heterogéneos (Docampo, 2013).

Asimismo, se suman a las críticas que el rango de selección abarca un plazo de 10 años en las referencias a investigadores altamente citados (Pandiella-Dominique et al., 2018) y, que el porcentaje asignado a los autores se establece según el orden de aparición (descendente según el puesto; primer autor, segundo y así sucesivamente). Además, el indicador que hace alusión al número de publicaciones indexadas en SCIE y SSCI no considera que la cantidad de investigaciones SCIE duplica a los artículos SSCI (Pandiella-Dominique et al., 2018). Por otro lado, es oportuno señalar que otra de las objeciones viene dada por el hecho de que dentro de la clasificación se categorizan alrededor de 500 universidades, las que representan solo el 2% de las universidades del mundo. Lideran esta categorización las universidades norteamericanas e inglesas, encabezadas por Harvard, seguida por Stanford y Cambridge.

4.2. Times Higher Education World University Rankings (THE)

Este Ranking fue elaborado en el Reino Unido en el año 2010, tiene una periodicidad anual y es dividido en dos: uno general y otro específico por áreas de conocimiento. Asimismo, elabora una clasificación de universidades de menos de 50 años de antigüedad. Fue creado por la revista *Times Higher Education*. La recolección de datos se realiza a través de una encuesta de opinión en línea, realizada a 10.000 académicos de las mismas universidades, a su vez, la empresa Thomson Reuters (Montané- López et al., 2017), facilita información sobre la innovación, la investigación y la docencia. Además de lo anterior, obtiene información a través del análisis bibliométrico explicitado en las publicaciones y las referencias a las mismas, correspondientes a los últimos diez años.

CAPÍTULO 4. DESCRIPCIÓN DE LOS RANKINGS

Este análisis se divide en las siguientes áreas: Artes y Humanidades, Ciencias Clínicas, Ingeniería y Tecnología, Ciencias Biológicas, Ciencias Físicas, y Ciencias Sociales.

El ranking recoge un total de 13 indicadores agrupados en cinco dimensiones, con las ponderaciones que se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Indicadores y ponderaciones Ranking THE.

Dimensión	Ponderación	Indicador	Valor
Enseñanza	30%	Encuesta de reputación	15%
		Ratio profesor / alumno	4,50%
		Ratio doctores / egresados	2,25%
		Ratio doctorandos / profesorado	6%
		Ingresos institucionales	2,25%
Investigación	30%	Encuesta de reputación	18%
		Ingresos investigación por profesor	6%
		Publicaciones por profesor	6%
Citas	30%	Citas	30%
Perspectiva internacional	7,50%	Alumnado internacional	2,50%
		Profesorado internacional	2,50%
		Colaboración internacional	2,50%
Ingresos de la industria	2,50%	Ingresos de la industria	2,50%

La dimensión *Enseñanza* se determina a través de cinco indicadores, si bien la encuesta de reputación realizada a docentes e investigadores supone la mitad de la ponderación en esa dimensión. Se miden, además, aspectos como: la calidad del profesorado, a través de la ratio entre alumnos y profesores; la ratio entre doctorandos y egresados; la aportación a la formación de académicos a través

CAPÍTULO 4. DESCRIPCIÓN DE LOS RANKINGS

de la ratio entre doctorandos y profesores; y, por último, los ingresos institucionales, ponderados en función del profesorado y ajustados por la paridad del poder adquisitivo para facilitar la comparación entre países.

La dimensión de *Investigación* viene determinada por tres indicadores: la reputación investigadora, medida a través de encuestas realizadas a académicos; los ingresos por investigación, calculados con la ratio ingresos por profesor, normalizados por disciplinas y ajustados por paridad del poder adquisitivo y la productividad científica, cuantificada por el número de publicaciones indexadas en *Scopus*, por profesor, normalizadas por tamaño institucional y tema. La influencia de la investigación supone un peso de un 30% del ranking y viene definida a partir de las citas que recibe cada profesor en publicaciones indexadas en *Scopus*, en los últimos cinco años.

La *Perspectiva internacional* pretende determinar la atracción de alumnado, profesorado e investigación medida a través tres indicadores: la proporción de estudiantes internacionales frente al total; la proporción del personal internacional frente al total y la coautoría en trabajos internacionales publicados en los últimos cinco años.

La última dimensión, *Ingresos de la industria*, hace referencia a la transferencia de conocimiento y se determina, a través de la ratio de ingresos de investigación obtenidos de la industria, normalizados en función del número de profesorado. Cabe destacar que las dimensiones *Perspectiva Internacional* e *Ingresos de la industria* son los dos conceptos que menos ponderan en la clasificación.

El cálculo del ranking mundial de universidades del THE 2020 ha sido auditado de forma autónoma por la firma de servicios profesionales PricewaterhouseCoopers (PwC), lo que lo convierte en el único ranking universitario global sujeto a un escrutinio completo e independiente de esta naturaleza.

CAPÍTULO 4. DESCRIPCIÓN DE LOS RANKINGS

Algunos de los aspectos que se critican de este ranking son que excluye a todas aquellas instituciones que no cuentan con estudiantes de grado, así como a las que no tienen más de 200 publicaciones y las que enseñan unívocamente una sola disciplina. Además, sus resultados se basan, en gran medida, en encuestas de reputación y datos confidenciales facilitados por las universidades (Sanz-Casado, 2015). Por otro lado, el ranking THE recibe críticas porque se considera que el componente de ingresos para la investigación es incompleto y confuso, con respecto a la estandarización entre diferentes países (Marginson, 2014). De hecho, su normalización y procedimiento nunca han sido documentados con precisión, pese a que desde el ranking afirman que las universidades con un alto número de citas en áreas de alta investigación, como las ciencias, no obtienen ventajas sobre temas menos citados como la historia (Fauzi et al., 2020).

4.3. Quacquarelli Symonds QS World University Ranking

Este ranking fue elaborado en el Reino Unido, en el año 2009, por la organización británica QS World University Ranking. Su medición se realiza recurriendo a tres fuentes de información: encuestas virtuales a docentes, productividad científica tomada de la base de datos *Scopus* e información extraída de las propias universidades, relativa a internacionalización y recursos docentes (Montané et al., 2017).

El ranking QS presenta cuatro tipos de clasificaciones:

- 1) Ranking general anual, elaborada según seis indicadores. Los que serán referido, más adelante, en detalle a esta clasificación.
- 2) Ranking de las universidades más destacadas con menos de 50 años de antigüedad. Esta clasificación se realiza a partir del ranking general.

CAPÍTULO 4. DESCRIPCIÓN DE LOS RANKINGS

- 3) Ranking según las áreas del conocimiento: Artes y Humanidades, Ciencias Biológicas y Medicina, Ciencias Sociales y Naturales, Ingeniería y Tecnología, y Gestión Empresarial.
- 4) Ranking categorizado por disciplinas específicas.

La clasificación general se elabora a través de seis indicadores ponderados como señala la Tabla 3:

Tabla 3. Indicadores y ponderación Ranking QS.

Indicador	Ponderación
Reputación Académica	40%
Reputación del Empleador	10%
Relación Profesor - Alumno	20%
Citas por Docente	20%
Internacionalización Del Profesorado	5%
Internacionalización Del Alumnado	5%

Con respecto a la *Reputación académica*, el ranking considera que uno de los elementos más destacados para evaluar es el reconocimiento de las universidades por parte del mundo académico. Este indicador otorga al prestigio institucional la mayor ponderación, en referencia a los otros aspectos evaluados. Los datos se recogen por medio de una encuesta que recaba las opiniones de expertos investigadores a nivel mundial (más de 94.000 en la clasificación del 2020).

El segundo indicador, *Reputación del empleador*, proporciona información sustancial que proyecta la futura empleabilidad de los estudiantes, considerados según su grado de competencia y rendimiento.

CAPÍTULO 4. DESCRIPCIÓN DE LOS RANKINGS

Este ítem recoge 45.000 respuestas de los empleadores, que discriminan a las instituciones según su propia valoración de los graduados.

La calidad educativa se determina a través de la *Relación profesor-alumno*. Respecto a la calidad de la producción investigadora, ésta se evalúa a través de *Citas por docente*, obtenidas por los artículos publicados en la base de datos *Scopus* en los últimos cinco años, divididas por el número de profesorado de la institución. Además, las citas son normalizadas y ponderadas de manera diferente según las áreas, pues se considera que diferentes campos tienen culturas editoriales muy diferentes.

Por último, la internacionalización es determinada a través del porcentaje de alumnos extranjeros frente a los nacionales y el porcentaje de profesores extranjeros frente a los nacionales.

Tal como ocurre en THE, las principales críticas de QS se centran en la realización de evaluaciones subjetivas basadas en opiniones de académicos y empleadores (Barsky, 2014). Por otra parte, Marginson (2014) considera que las dimensiones evaluadas por los sistemas de clasificación QS y THE son similares, pero los indicadores de THE son más detallados y complejos. Para Trigwell (2011) es cuestionable evaluar el desempeño docente de una universidad, a través de la relación profesor-estudiante, pues no puede afirmarse que esa ratio precise la calidad y la diversidad de actividades de enseñanza y aprendizaje.

Fauzi et al. (2020) señala dos defectos importantes en la clasificación, por un lado, sus indicadores tienen correlaciones bajas y puntuaciones similares, que pueden provocar cambios drásticos en la posición de una universidad; por otro lado, la mitad de su ponderación hace referencia a encuestas que también pueden generar variaciones en la clasificación cada año. En esta misma línea, Aguillo et al. (2010) demostraron que las disimilitudes entre THE y QS para diferentes años son altas y son, por tanto, clasificaciones más inestables que ARWU.

4.4. SCImago Institutions Rankings (SIR)

El SCImago Institutions Rankings (SIR) es una clasificación de instituciones académicas, relacionadas con la investigación, clasificadas por un indicador compuesto que combina tres conjuntos diferentes de indicadores basados en el rendimiento de la investigación, los resultados de la innovación y el impacto social medido por su visibilidad en la web.

Los indicadores se dividen en tres grupos destinados a reflejar las características científicas, económicas y sociales de las instituciones. El SIR incluye indicadores tanto dependientes como independientes del tamaño; es decir, indicadores influenciados y no influenciados por el tamaño de las instituciones. De esta manera, proporciona estadísticas generales de la publicación científica y otros productos de las instituciones, al mismo tiempo que permite realizar comparaciones entre instituciones de diferentes tamaños.

Es sustancial destacar que, una vez calculado el indicador final a partir de la combinación de los diferentes indicadores, los valores resultantes se han normalizado en una escala de 0 a 100.

Tabla 4. Indicadores y ponderaciones rankings Scimago.

Factor	Indicador	Peso
Investigación 50%	Impacto Normalizado	13,0%
	Excelencia con Liderazgo	8,0%
	Salida	8,0%
	Liderazgo científico	5,0%
	Revistas no propias	3,0%
	Revistas propias	3,0%
	Excelencia con Liderazgo	2,0%
	Publicaciones de alta calidad	2,0%

CAPÍTULO 4. DESCRIPCIÓN DE LOS RANKINGS

Factor	Indicador	Peso
	Colaboración internacional	2,0%
	Acceso abierto	2,0%
	Grupo de talentos científicos	2,0%
Innovación 50%	Conocimiento innovador	10,0%
	Patentes	10,0%
	Impacto tecnológico	10,0%
Social 50%	Altmetrics	10,0%
	Enlaces entrantes	5,0%
	Tamaño Web	5,0%

Investigación:

Esta dimensión considera los siguientes elementos:

- **Impacto normalizado:** se calcula sobre el resultado de liderazgo de la institución utilizando la metodología establecida por el Karolinska Institutet en Suecia, donde se denomina "promedio de puntuación de citación normalizada de campo orientado a elementos".
- **Excelencia con Liderazgo:** indica la cantidad de documentos en Excelencia en los que la institución es el principal contribuyente.
- **Producto:** considera el número total de documentos publicados en revistas académicas indexadas en Scopus.
- **Salida de Revistas No Propias:** se refiere al número de documentos no publicados en revistas propias (publicados por la institución).

CAPÍTULO 4. DESCRIPCIÓN DE LOS RANKINGS

- **Revistas propias:** considera el número de revistas publicadas por la institución (servicios editoriales).
- **Colaboración internacional:** son la producción de la institución elaborada en colaboración con instituciones extranjeras. Los valores se calculan analizando el producto de una institución cuyas afiliaciones incluyen más de una dirección de país.
- **Publicaciones de alta calidad:** son número de publicaciones que una institución pública en las revistas académicas más influyentes del mundo. Estos son los que se ubican en el primer cuartil (25%) en sus categorías según el indicador SCImago Journal Rank (SJRII).
- **Excelencia:** indica la cantidad de producción científica de una institución que se incluye en el 10% superior de los artículos más citados en sus respectivos campos científicos. Es una medida de la producción de alta calidad de las instituciones de investigación.
- **Liderazgo científico:** indica la cantidad de producción de una institución como principal contribuyente, es decir, la cantidad de artículos en los que el autor pertenece a la misma institución.
- **Open Access:** se refiere al porcentaje de documentos publicados en revistas de Open Access o indexados en la base de datos Unpaywall.
- **Scientific Talent Pool:** considera el número total de autores diferentes de una institución en la producción total de publicaciones de esa institución durante un período de tiempo determinado.

Innovación:

Esta dimensión incorpora los siguientes conceptos:

- **Conocimiento innovador:** considerado por el resultado de una publicación científica de una institución citada en patentes. Basado en PATSTAT (<http://www.epo.org>).
- **Impacto tecnológico:** se refiere al porcentaje de la producción de publicaciones científicas citada en patentes. Este porcentaje se calcula considerando la producción total en las áreas citadas en las patentes, que son las siguientes: Ciencias Agrícolas y Biológicas; Bioquímica, Genética y Biología Molecular; Ingeniería Química; Química; Ciencias de la Computación; Ciencias de la Tierra y Planetarias; Energía; Ingeniería; Ciencia medioambiental; Profesiones de la salud; Inmunología y Microbiología; Ciencia de los Materiales; Matemáticas; Medicamento; Multidisciplinario; Neurociencia; Enfermería; Farmacología, Toxicología y Farmacia; Física y Astronomía; Ciencias Sociales; Veterinaria. Basado en PATSTAT (<http://www.epo.org>).
- **Patentes:** incluyen el número de solicitudes de patente (familias simples). Basado en PATSTAT (<http://www.epo.org>). Depende del tamaño.

Impacto social:

Evaluable según los siguientes elementos

- **Altmetrics:** este indicador se ha calculado sobre el 10% de los documentos de las instituciones (mejores documentos respecto al valor de impacto normalizado). Este indicador tiene dos componentes:

CAPÍTULO 4. DESCRIPCIÓN DE LOS RANKINGS

- a) **PlumX Metrics:** número de documentos que tienen más de una mención en PlumX Metrics (<https://plumanalytics.com>). Considera menciones en Twitter, Facebook, blogs, noticias y comentarios (Reddit, Slideshare, Vimeo o YouTube).
- b) **Mendeley:** número de documentos que tienen más de un lector en Mendeley (<https://www.mendeley.com>).
- **Número de vínculos de retroceso:** número de redes (subredes) de las que provienen los enlaces entrantes al sitio web de la institución. Datos extraídos de la base de datos Ahrefs (<https://ahrefs.com>).
- **Tamaño web:** número de páginas asociadas a la URL de la institución según Google (<https://www.google.com>).

Este Ranking a diferencia de los otros, no entrega puntajes en su medición de dimensiones, solo expresa a sus indicadores por posición, lo cual, problematiza el análisis mediante técnicas multivariantes, dado que puede llevar a errores de interpretación.

4.5. Webometrics Ranking

Es un Ranking de Universidades que utiliza indicadores webométricos y bibliométricos, diseñado por Cybermetrics Lab, se presentó un primer indicador durante la conferencia EASST / 4S en Bielefeld (1996) y la recopilación de datos web de universidades europeas comenzó en 1999 con el apoyo del proyecto financiado por la UE EICSTES.

Desde el año 2004, el Webometrics Ranking, se publica dos veces al año, cubriendo más de 31.000 instituciones de educación superior en todo el mundo. Uno de los objetivos del ranking es promover a las

CAPÍTULO 4. DESCRIPCIÓN DE LOS RANKINGS

instituciones y a los académicos para que mantengan una presencia en la web y que refleje con precisión sus actividades.

En Tabla 5, se muestra la composición de los indicadores del ranking en su última versión y denota como el indicador “Presencia” ya no es considerado en su construcción.

Tabla 5. Indicadores ranking Webometrics.

Indicadores	Significado	Metodología	Fuente	Peso
Presencia	Conocimiento público compartido	Interrumpido		
Visibilidad	Impacto de los contenidos web	Número de redes externas (subredes) que enlazan con las páginas web de la institución (normalizadas y luego se elige el valor máximo)	Ahrefs Majestic	0,5
Transparencia (Apertura)	Investigadores más citados	Número de citas de los 210 autores principales (excluidos los 20 valores atípicos principales)	Perfiles académicos de Google	0,1
Excelencia (Estudiante)	Top cita documentos	Número de artículos entre el 10% más citado en cada una de las 27 disciplinas de la base de datos completa. Datos para el período de cinco años: 2015-2019	Scimago	0,4

Es importante señalar que uno de los problemas para analizar este ranking, es el hecho que es un proyecto de investigación y cambian la metodología de acuerdo con nuevos hallazgos o la disponibilidad de fuentes, además, no existen bases de datos históricas. Por lo cual, no es posible utilizarlos para hacer análisis exploratorios dinámicos en el tiempo.

En esta investigación se utilizará para identificar la totalidad de instituciones que existen por país, especialmente, cuando se analiza el caso latinoamericano, dado que describe la totalidad de universidades por nación.

CAPÍTULO 5

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DOCUMENTAL

CAPÍTULO 5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DOCUMENTAL

Este capítulo fue elaborado, a partir de un mapeo sistemático de bibliografía, con el objetivo de proporcionar una síntesis de la literatura disponible, relacionada con publicaciones académicas sobre rankings universitarios internacionales aplicando técnicas estadísticas multivariantes o similares.

Dicho propósito se fundamenta en que es necesario contar con un fundamento teórico o “Análisis Fundamental” respecto a otras investigaciones relacionadas con la materia para determinar los alcances y conclusiones obtenidas, junto a ello comentar los resultados logrados por ellos, con lo cual se pueda construir un análisis técnico robusto con las metodologías del análisis multivariante, que permitan abordar reflexivamente el funcionamiento complejo de la universidad contemporánea.

Para realizar la búsqueda se seleccionaron las principales bases de datos internacionales, las bases de datos especializadas en el ámbito de la educación y las más influyentes a nivel nacional. También se incluyeron otros documentos de organismos educativos importantes en materia de educación superior.

Del mismo modo, se realizaron búsquedas exploratorias de carácter genérico, además de utilizar algunos criterios específicos o de palabras de búsqueda.

Los idiomas utilizados para realizar las búsquedas fueron español e inglés, utilizando las siguientes bases de datos para realizar la búsqueda bibliográfica:

- Web of Science (WOS)
- Scopus
- Dialnet
- Google Scholar

CAPÍTULO 5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DOCUMENTAL

Todas las indagaciones se realizaron entre el 02 de octubre y el 22 de noviembre de 2019. Los documentos seleccionados en cada base de datos se exportaron al gestor bibliográfico Mendeley para proceder a su revisión. Una vez examinados el título, palabras clave y resumen, se excluyeron los documentos que no cumplían con los criterios.

Finalmente, quedaron 16 artículos obtenidos de la revisión de la bibliografía, para dar el marco conceptual fundamental sobre el cual se construye este trabajo y al mismo tiempo, evaluar la metodología aplicada junto a los resultados logrados.

5.1. Rankings universitarios

En diversos estudios (Espeland y Sauder, 2016; Gonzalez y Espinoza, 2008; Moed, 2017; Pérez-esparrells et al., 2018; Salmi y Saroyan, 2007) se plantea que la metodología de valoración de las universidades basada en los rankings universitarios sobredimensiona o desestima ciertos indicadores, en especial, al considerar el funcionamiento complejo de la universidad. De este modo, la sobredimensión que poseen algunos campos de actividad dentro de la universidad, por sobre otros, genera sesgos en los criterios de evaluación. Así, mediante un grupo reducido de indicadores, se dificulta y formaliza la valoración de la universidad, tendiendo a invisibilizar una evaluación compleja de lo que constituye una institución universitaria en la actualidad.

A partir de estos estudios, el siguiente apartado resume y compara las distintas metodologías y resultados expuestos en investigaciones sobre los sistemas de clasificación globales de las instituciones de educación superior. La finalidad de este análisis es destacar sus utilidades y aportes, y al mismo tiempo, identificar la técnica estadística aplicada y los resultados obtenidos con ello.

5.2. Comparación de rankings universitarios

Entre los estudios comparativos realizados acerca de los rankings universitarios, destaca el aporte realizado por Moed (2017), quien analizó cinco rankings de carácter internacional: ARWU 2015, CWTS *Leiden ranking* 2016, QS 2015-2016, *THE* 2015-2016 y *U-Multirank* edición del 2016.

En la primera parte de su investigación, Moed examinó las propiedades estadísticas de los cinco rankings seleccionados, abordando elementos referentes a la superposición en la cobertura institucional, las diferencias en la cobertura geográfica, los indicadores de distribución y su asimetría y las correlaciones estadísticas entre sus indicadores. Al considerar las superposiciones de la cobertura institucional de los rankings, se identificaron 1715 instituciones que fueron parte de los análisis. De ellas, 377 están presentes en los cinco rankings y 182 en solo cuatro de ellos. Además, 194 instituciones aparecen situadas entre el *top 100* de algún ranking, de las cuales 35 se encuentran en el *top 100* de los cinco rankings analizados, a través de lo que el autor concluye la moderada o poca similitud entre los diversos sistemas de clasificación de instituciones de educación superior.

En este estudio, también se detectaron cinco localidades geográficas por cada ranking (considerando a las cien mejores universidades). Estas son explicitadas en la siguiente tabla:

Tabla 6. Localidades geográficas en cada ranking.

Nombre Ranking	Localidades geográficas
ARWU	Canadá, Estados Unidos, Países Bajos, Gran Bretaña y Alemania.
Leiden	China, Corea, Canadá, Taiwán y Estados Unidos.
QS	Australia, Gran Bretaña, Brasil, Canadá y Corea.
THE	Taiwán, Gran Bretaña, Canadá, Australia y Japón.
U-Multirank	Países Bajos, España, Polonia, Alemania y Portugal.

Por último, con respecto a las correlaciones entre indicadores, se encontró una fuerte correlación entre el número de publicaciones en el ranking *ARWU* y el ranking *Leiden*. Por el contrario, el indicador *Relación profesor-alumno* del ranking *QS* solo está moderadamente correlacionado con el indicador *Ratio profesor-alumno* del ranking *THE* a pesar de que teóricamente deberían presentar una gran correlación (Moed, 2017).

La investigación de Moed presenta cuatro análisis de indicadores y explica cómo la combinación de estos es útil a la hora de levantar información. Los análisis son: (1) características del sistema académico nacional, (2) *QS* versus *Leiden* y sus indicadores basados en citas, (3) rendimiento de investigación *THE* versus reputación académica *QS* e (4) investigadores altamente citados *ARWU* versus indicador de publicaciones importantes *Leiden*. De esta manera, en las conclusiones de Moed, se menciona que, producto de las superposiciones exhibidas en su estudio, las instituciones mejor evaluadas dependen del sistema de ranking que las evalúa, mostrando claras preferencias geográficas del *U-Multirank* hacia Europa, *ARWU* hacia Norte América, *Leiden* hacia Asia y *QS* y *THE* hacia países anglosajones.

CAPÍTULO 5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DOCUMENTAL

Por otra parte, utilizando el Análisis estadístico de Superposiciones señala que los indicadores del ranking *ARWU* son los que presentan mayor asimetría estadística, seguido por los indicadores del ranking *THE*, mientras que los indicadores del ranking *QS*, junto con los de *Leiden* son los que presentan menor asimetría estadística. Según estos resultados, se concluye que, a pesar de que en la última década los rankings internacionales mencionados han tomado un papel esencial en el posicionamiento global de las instituciones de educación superior, no son un sistema perfecto, ya que aún existen serias discordancias dependiendo del sistema de posicionamiento usado.

5.3. Estudios comparativos entre rankings globales versus rankings locales

Al evaluar los tipos de clasificación universitaria, estudios como los realizados por (Çakır et al., 2015) parametrizan el nivel de consistencia entre estos sistemas, considerando en qué medida influye en ellos la distribución geográfica. Esto, dado que los rankings han desarrollado distintos sistemas de clasificación, tanto a nivel global como local. Los primeros centran sus indicadores en el desempeño de la investigación, que mide el rendimiento académico a través de un sistema bibliométrico, por lo que se les objeta el descuido de otras dimensiones importantes de la misión institucional. Por su parte, los segundos, con mayor acceso a fuentes de información, incluyen un mayor número de indicadores educativos e institucionales, pero tienen un menor nivel de cobertura.

En este estudio, se determinó que las clasificaciones locales enfatizan de manera homogénea los indicadores de entradas (puntajes de ingreso, nivel académico de los estudiantes, nivel académico de los docentes, instalaciones financieras, entre otros). En cambio, las clasificaciones globales enfatizan en la producción y la reputación de sus investigaciones, como ocurre, por ejemplo, en China y el Reino Unido.

CAPÍTULO 5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DOCUMENTAL

Otras, como las clasificaciones locales americanas, incluyen los indicadores de entrada y de salida de sus estudiantes.

En términos generales, los autores construyen, a nivel global, una distribución aproximada de importancia en sus indicadores relacionados con las áreas de investigación, educación y cifras institucionales, en las cuales se expresa una clara relevancia de los indicadores asociados a la investigación en los sistemas de clasificación globales. En cambio, en los sistemas de clasificación nacionales, se observa un enfoque más asociado a calidad educativa.

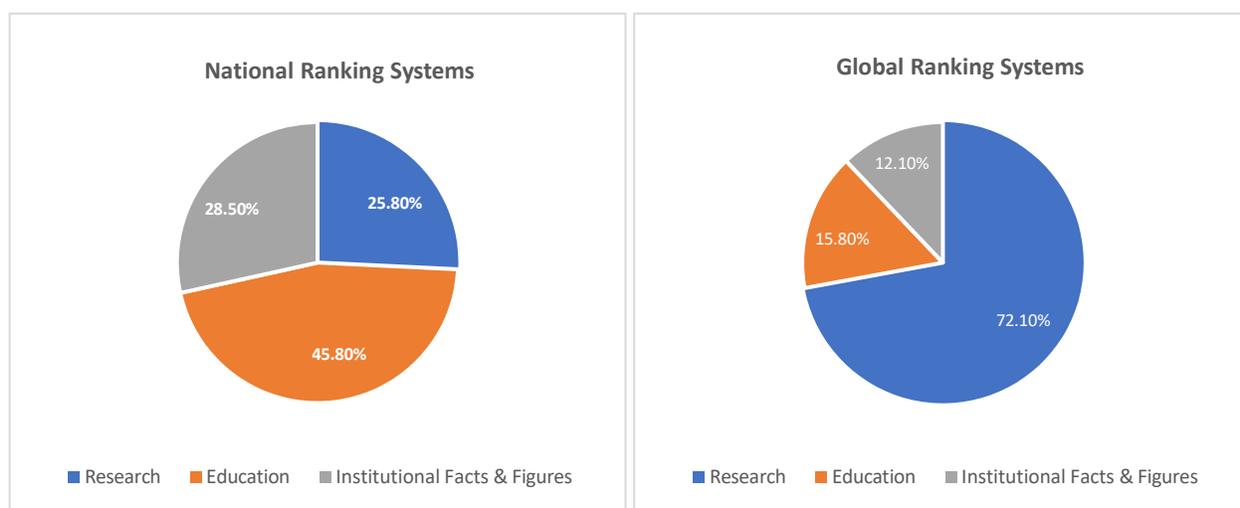


Figura 1. Distribución de tres indicadores en sistemas de ranking nacional y global.

Los autores también expresan la predictividad que podrían tener los rankings internacionales en algunos países que evalúan, de manera similar, la importancia de los indicadores anteriormente mencionados, como Brasil, Chile y Polonia, donde los rankings globales podrían ser altamente predictivos de los rankings locales, por la importancia en el desarrollo de la investigación que se da en estos últimos.

5.4. Estudio del Indicador de internacionalización en los rankings

La industria educativa se ha vuelto universal, han desaparecido las fronteras y se han difuminado las barreras. Para competir en este novedoso escenario, las universidades necesitan mejorar su posicionamiento a través del diseño de estrategias dirigidas a la proyección y visibilidad de sus ofertas, capacidades y atractivos (García, 2015).

La internacionalización se puede definir como el proceso de introducción de la dimensión internacional en la estrategia, en las misiones de docencia, investigación y transferencia, así como en la proyección de la oferta y capacidades de la universidad (Knight, 2004). Se trata, por tanto, de un concepto que tiene múltiples manifestaciones, entre ellas, la de tratar de ampliar la visibilidad, reconocimiento y ámbito de actuación de las organizaciones.

Uno de los elementos que ayudan a impulsar este tipo de internacionalización son los rankings universitarios, convertidos en la arena en la que se dirime la competición por alcanzar un estatus global (Espinar, 2018). Estas clasificaciones son ya imposibles de ignorar y se presentan como árbitros de la excelencia académica universal (García, 2015). Su capacidad de impactar de manera sustancial en la internacionalización de las universidades ha sido objeto de numerosas investigaciones (Marginson, 2012; Ordorika y Gómez, 2010). A pesar de que las principales clasificaciones del mundo apenas recogen indicadores que midan el grado de internacionalización, una buena posición en ellas tiene una gran influencia sobre el prestigio mundial, prestigio que a su vez es independiente del grado de internacionalización que tengan las funciones de esa organización (Casani y Rodríguez-Pomeda, 2017).

Ninguna de las dos clasificaciones internacionales consideradas como las más influyentes (ARWU y THE) muestra indicadores con altas ponderaciones en internacionalización. El ranking ARWU no posee ninguna variable que mida, directamente, este concepto (Delgado-Márquez et al., 2011). El ranking THE

CAPÍTULO 5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DOCUMENTAL

sí posee un indicador de internacionalización, pero con una ponderación baja respecto al total de la clasificación (7,5%). A pesar de ello, ambas clasificaciones se consideran motores claves para la proyección a nivel global y poseen un fuerte impacto en las políticas y estrategias nacionales e institucionales para la internacionalización de las organizaciones de educación superior (Collins y Park, 2016).

Este vínculo entre los rankings y las estrategias de internacionalización ha traído consigo una diferenciación dentro de los sistemas nacionales, al separar un sector de élite compuesto por universidades de clase mundial, de otro formado por entidades más nacionales de orientación regional (De-Wit y Altbach, 2020). Las universidades de clase mundial –*world class*– se caracterizan por una investigación de alto rango, una cultura de excelencia y una marca que trasciende las fronteras nacionales. Se ubican en los escalones superiores de las clasificaciones internacionales y están reconocidas no sólo por otras universidades, sino también, fuera del mundo de la educación. Una reputación por su investigación y su enseñanza les facilita operar en un mercado global e internacionalizar muchas de sus funciones.

Las clasificaciones globales son seguidas cada año con mucha atención por los diferentes agentes implicados en la educación superior. Conseguir una etiqueta de rango mundial despierta un gran interés.

5.5. Estudio de los errores técnicos de las tablas de clasificación

Los rankings de educación superior han sido expuestos a todo tipo de críticas como, por ejemplo, las realizadas por (Bougnol y Dulá, 2015), que se basan principalmente en tres aspectos que, en gran medida, son elementos subjetivos:

CAPÍTULO 5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DOCUMENTAL

- 1) **Atributos:** se refiere a características, logros, métodos, u otros elementos analizados en las instituciones de educación superior, que influyen el puntaje asignado en un sistema de clasificación.
- 2) **Pesos:** referido a cómo los atributos anteriormente mencionados son ponderados.
- 3) **Dominios:** hacen referencia a las preferencias o sesgos que puede mostrar un ranking hacia países, sectores geográficos o disciplinas.

Este análisis se concentra en los problemas técnicos específicos de los rankings de educación superior. Dichos problemas son: el rango altamente comercial en el que se sitúan los rankings *US New and World Report (USNWR)* y *QS World Universities Ranking*, a diferencia de lo que ocurre con *ARWU*, que tiene un enfoque más académico. Por otro lado, el ranking *Leiden* está asociado a otros aspectos y resulta haber evitado con mayor éxito las críticas en los tres criterios antes mencionados.

Uno de los problemas expuestos por estos autores radica en la ineficiencia de los resultados, esto quiere decir que, en las mediciones, no se considera la relación entre cantidad de entradas versus resultados. En este sentido, un instrumento es eficiente si logra obtener los mismos resultados con una menor cantidad de entradas o, si al mantener la cantidad de entradas, consigue más o mejores resultados. Esto se considera una trampa o, como lo menciona el documento, *pitfall*; ya que, al asignar pesos positivos a cada entrada para el posicionamiento de la institución, cada entrada hace ascender a la institución en el ranking analizado, incluso en casos en que dos entradas explican lo mismo. Así, se le asigna un doble ascenso por un solo atributo. En consecuencia, se recomienda asignar pesos negativos a las entradas al momento de realizar el ranking o, simplemente, no usar las entradas ineficientes o innecesarias para no comprometer la clasificación (Bougnol y Dulá, 2015).

CAPÍTULO 5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DOCUMENTAL

Otro problema es la colinealidad de los datos, en que se representa información adicional que no aporta a la clasificación de las instituciones. Por lo tanto, deberían desestimarse las entradas que tengan una correlación fuerte con el indicador, para así no generar una superposición en el puntaje general de la institución. Este error en la metodología, también mencionado por otros autores (Paruolo et al., 2013; Soh, 2013), genera poca reproducibilidad de algunos sistemas de clasificación, debido a la deficiente robustez estadística en la suma lineal de indicadores.

Junto con lo anterior, Bougnol y Dulá (2015) señalan otro punto cuestionable en los sistemas de clasificación de universidades: la falta de transparencia de los datos, ya que indicadores como *Graduation Rate Performance*, *Student-Faculty Ratio*, *National Resources Rank*, entre otros, son fácilmente manipulables y dependen de cómo sean informados por las universidades, lo que puede generar un peso mayor al correspondiente al realizar la clasificación. Por esta razón, el estudio recomienda la transparencia y publicación con detalle de este tipo de indicadores.

En este estudio se concluye que el sistema de rankings internacionales es “una mala ciencia ficción” ya que los defectos técnicos de estas clasificaciones son muy relevantes y no estudian ni entregan información veraz para los usuarios o identidades públicas, sino más bien, apuntan procesos subjetivos basados en opiniones, cometiendo errores lógicos y suscitando problemas de interpretación.

Sin embargo, a pesar de esta grave deficiencia, la bibliografía destaca que los sistemas de clasificación globales son una herramienta sumamente útil, que las naciones e instituciones de educación superior consideran en la gestión de sus recursos, por lo que es necesario que estos sistemas robustezcan estadísticamente sus metodologías para el aprovechamiento del ranking como herramienta de desarrollo de las instituciones clasificadas (Saisana et al., 2011).

CAPÍTULO 5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DOCUMENTAL

Sumadas a las críticas anteriores, Soh (2013) quien ha indicado que los sistemas de clasificación se basan en medidas arbitrarias de conveniencia, al operacionalizar indicadores de calidad de manera superficial. El error está en suponer que todos los indicadores contribuyen de manera independiente a la puntuación general en proporciones establecidas, pero olvidan que los indicadores tienden a correlacionarse entre sí, lo que provoca un estado de multicolinealidad, haciendo que algunos predictores sean reiterados. Al contrario, otros indicadores tributan muy escasamente al puntaje general, lo que crea indicadores sobrevalorados que alteran el significado del puntaje general. De ahí la necesidad de identificar y excluir indicadores no representativos, que no contribuyen y que además deforman la información.

El mismo autor señala algunos errores usuales en los sistemas de clasificación: sobreestimación de pequeñas diferencias en los puntajes totales, discrepancias en los pesos de indicadores, redundancia de indicadores, discrepancia entre sistemas de clasificación e inconsistencia en los puntajes generales. Además, se encuentran críticas comunes como: subestimar el campo de las artes, las humanidades y las ciencias sociales al momento de ponderar puntajes para los sistemas de clasificación; la predominancia de las universidades de habla inglesa hacia los primeros lugares de las clasificaciones y la representación del desempeño de la investigación y no de la enseñanza.

Asimismo, rankings como el de Shanghai, que mide la producción general bajo análisis bibliométrico, favorece a las grandes universidades, principalmente de habla inglesa y también se observa un sesgo a favor de las ciencias. A pesar de esto y, reconociendo que la excelencia es un valor multidimensional, los rankings cuentan con una fuerte precepción positiva de los líderes universitarios (Docampo, 2013), quienes los reconocen como fuertes impulsores hacia la competencia y un factor clave para diseñar su planificación estratégica. Por lo anterior, se hace necesario contar con un sistema

CAPÍTULO 5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DOCUMENTAL

unificado de clasificación, más equilibrado, con medidas públicas, que oriente a las universidades más allá de la tentación de elegir clasificaciones, según sus propios parámetros de rendimiento (Feng et al., 2017).

A modo de resumen, se puede señalar que las críticas a los rankings universitarios se clasifican en cuatro puntos:

- 1) La unidimensionalidad de sus indicadores.
- 2) La falta de solidez estadística.
- 3) La influencia del tamaño de la universidad, su idioma y sus áreas de investigación.
- 4) La falta de consideración de otros factores relacionados con el sistema de formación, como las condiciones de entrada y salida de los estudiantes.

Es esencial destacar que, al considerar solo la dimensión de investigación, dejando fuera otras perspectivas educativas más difíciles de evaluar estadísticamente, el proceso de clasificación adolece de un enfoque sistémico que dé cuenta del real desempeño institucional, ya que, al ignorar la dimensión de la enseñanza, distorsiona seriamente la evaluación de uno de los principales objetivos del quehacer de la universidad. Así, cae en una configuración determinista, que suprime lo intrínseco de la misión institucional. Una salida a este problema sería unificar datos sobre las publicaciones científicas y la misión docente (Daraio et al., 2015).

Por último, es relevante considerar que las críticas a los rankings están inmersas en una gran paradoja: por una parte, existen fuertes objeciones a la metodología empleada por estos sistemas de clasificación y, por otra, estos sistemas de clasificación reciben una alta valoración en los medios de comunicación (Daraio et al., 2015).

A pesar de las críticas y reticencias, los rankings internacionales juegan un papel de referencia en el mundo académico. Las clasificaciones más destacadas son seguidas cada año con gran atención por los

CAPÍTULO 5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DOCUMENTAL

diferentes agentes implicados en la educación superior. Por ello, analizar las características distintivas de las instituciones más destacadas, así como su evolución en el tiempo, puede ser útil para el diseño de acciones estratégicas que permitan la imitación de las mejores o la puesta en marcha de medidas de diferenciación.

5.6. Estudio de otras propuestas para la clasificación de universidades

Jajo y Harrison (2014) han propuesto nuevos sistemas de clasificación unificando los ya existentes. De este modo, se genera un ranking menos sesgado, ya que se incluyen todos los indicadores usados por otros sistemas de clasificación y, a su vez, es más transparente, en cuanto a las preferencias geográficas y sobrecarga de ciertos indicadores.

Estos autores proponen un método para maximizar el rendimiento en varios sistemas de clasificación y uno para la clasificación unificada de universidades, valiéndose de múltiples fuentes y metodologías. Con esto, logra un mayor equilibrio y supera la problemática de que las instituciones elijan el ranking más conveniente. Para ello, se toman como referencia los tres sistemas de clasificación más populares: ARWU, QS y THE.

Los autores destacan que las limitaciones del ranking ARWU se producen debido a que, en su metodología, se enfatiza a los Premios Nobel y Medallas Fields, esto a expensas del valor dado al arte, la cultura, las humanidades y la calidad educativa. De modo similar, las limitaciones del ranking QS recaen en la gran ponderación que se les asignan a datos que no son objetivos ni están disponibles públicamente, como *Citations per staff*, *Staff-student ratio* y *Proportion of international staff and students*. Lo mismo ocurre en otros sistemas de clasificación, como *CTWS Leiden*, *SCImago*, *University Ranking by academic performance* (URAP) y *Center of world university Ranking* (CWUR), que abordan únicamente datos

CAPÍTULO 5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DOCUMENTAL

públicos, e incluyen variables orientadas a lo humanista, la cultura y el arte, sin embargo, mantienen el sesgo y el alto peso hacia las ciencias naturales.

Aludiendo a la diversidad de criterios utilizados por los sistemas de clasificación, el estudio plantea la necesidad de crear una herramienta que evalúe el logro de la universidad, en una serie de áreas de rendimiento, para encontrar los lugares clave de desempeño que afectan el logro de estos últimos. En consecuencia, el estudio desarrolló un índice para medir el desempeño de las universidades de una manera más global. Para ello, se utilizó el método de ruta de mínimos cuadrados parciales (PLS-PM), ante la existencia de muchas variables predictoras posiblemente correlacionadas (Jajo y Harrison, 2014). Con esto, se introdujo la variable latente *Achievement* (logro), en función de los sistemas de clasificación disponibles y sus indicadores, en que los mismos sistemas de clasificación también son variables latentes. Esto expresado en forma abstracta como:

$$\text{Logro} = f(\text{Rankings}) = \alpha ARWU + \beta QS + \gamma THE + \dots$$

El método presentado en su estudio permite medir la influencia que hay entre variables latentes, es decir, los sistemas de clasificación y la variable incluida *Achievement* y, a su vez, analizar la influencia de los indicadores de cada sistema de clasificación en el puntaje de estos. A saber, el método propuesto integra, al mismo tiempo, los sistemas de clasificación que se estimen convenientes. De este modo, las instituciones no se verán enfrentadas al problema de la multiplicidad de sistemas de clasificación y al cuestionamiento de cuál de ellos usar, ya que tendrán un solo sistema de posicionamiento integral.

Por otra parte, autores como Pietrucha (2018) se remiten a investigar factores determinantes más profundos que los indicadores que posee cada ranking, aproximándose a la situación de las instituciones a un nivel nacional. Así, introduce factores como variables económicas (PIB), longevidad y estabilidad del Estado y la calidad de las instituciones.

CAPÍTULO 5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DOCUMENTAL

Frente a las críticas antes referidas, la investigación se amplió al considerar el *Ranking of National Higher Education System* publicado por *Universitas 21*, el cual incluye 25 medidas de rendimiento agrupadas en cuatro módulos: Recursos, Medio Ambiente, Conectividad y Producto, e incluye a los países como unidad de análisis. Con el fin de encontrar los factores que determinan la posición de clasificación de una institución para un país determinado. Pietrucha (2018) realizó una regresión de corte transversal y los parámetros fueron estimados, usando el método de los mínimos cuadrados. El conjunto de datos utilizados abarca entre 42 y 71 países dependiendo del ranking y la disponibilidad de datos. Todos los modelos fueron estimados en dos versiones. Además, seleccionó un grupo de variables que, desde una perspectiva amplia, podrían ser considerados como más razonables y luego, se comprobó la significancia estadística por medio de una regresión paso a paso.

Para cada sistema de clasificación, el autor creó un indicador que busca definir la posición de un país en el ranking, asignándole puntaje a las instituciones según su posición. La suma de estos puntajes por país presentaría el indicador para cada uno de ellos. Además de lo anterior, se generaron indicadores asociados a la economía, que se midió como el logaritmo del PIB y, el nivel de desarrollo económico, como el logaritmo del PIB per cápita. Asimismo, se incluyó un indicador a base del proyecto *Polity IV*, el que cuantifica la estabilidad política a largo plazo y la longevidad en la estructura estatal, debido a que los gobiernos autocráticos o democráticos influyen de manera significativa en el desarrollo de las instituciones. Se empleó, además, otro indicador respectivo a la financiación en investigación y desarrollo, considerando datos entregados por el Banco Mundial.

En los resultados, se expresa que uno de los factores clave, que determina la posición de una universidad en los sistemas de clasificación, es el tamaño de la economía a nivel país (PIB), junto con el indicador que refleja el flujo de fondos destinados a la investigación y desarrollo de las instituciones. Esto no ocurre con el indicador que representa el PIB per cápita, ya que solo tuvo influencia significativa

CAPÍTULO 5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DOCUMENTAL

respecto al ranking ARWU. Así, se concluye que la economía a nivel país influye directamente en el posicionamiento de sus instituciones en los sistemas de clasificación, a lo que se añaden la estabilidad y longevidad de la institución, ya que, como era de esperarse, las instituciones generan un gran valor dependiendo de su trayectoria. Asimismo, una estructura estatal sólida permite un desarrollo estable y la transmisión ininterrumpida de conocimientos entre maestros y alumnos, en otras palabras, es capital social para la institución de determinado sector geográfico (Pietrucha, 2018).

No obstante, se destacan cuatro limitaciones de este análisis, que deben considerarse con cautela: la primera, la investigación se hizo a partir de sistemas de clasificación ya generados, por lo que las críticas ya conocidas hacia estos sistemas se extrapolan al modelo creado. La segunda, las variables son estadísticamente significativas, pero su impacto es relativamente débil. Sin embargo, dado que el estudio es de corte transversal, un débil cambio a lo largo de los años podría generar diferencias significativas. La tercera crítica es que los resultados no deben pensarse con un determinismo macroeconómico, ya que algunos de los indicadores se consideran de debate público.

Finalmente, se critica que las conclusiones orientadas hacia las políticas públicas no son claras, debido al alcance de la investigación. Esto es más delicado aún, si se considera que la primera forma de generar un ascenso de la institución en los sistemas de clasificación y, con un impacto inmediato, es a partir de la gestión en investigación y desarrollo.

Por su parte, autores como Paruolo et al. (2013) proponen medir la importancia de las variables dadas dentro de los indicadores compuestos, a través de la correlación de Pearson, denominada efecto principal. En este sentido, la relación de correlación de Pearson, que se sugiere en la metodología de la investigación, propone una medida adecuada para la importancia de una variable, ya que se puede utilizar independientemente del grado de correlación entre variables y no tiene modelo, por lo que se puede

CAPÍTULO 5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DOCUMENTAL

aplicar a agregaciones no lineales y, por último, no es invasivo, porque no se realizan cambios en el indicador compuesto o en la correlación de la estructura de los indicadores.

El análisis de ingeniería inversa de los pesos muestra que, en la mayoría de los casos, no se pueden encontrar pesos para los valores nominales que den la importancia deseada a la variable. Esto es una información útil para que los desarrolladores sean inducidos a una reflexión más profunda sobre el costo de la simplificación que se genera con la agregación lineal. Podrían así: (1) evitar asociar pesos nominales, pero informar a los usuarios de la importancia de estas variables o pilares, usando los métodos estadísticos sugeridos; (2) abstenerse de agregar pilares o variables a las que no se les pueden dar pesos objetivos, debido a las compensaciones de los mismos en otros indicadores; (3) reconsiderar el esquema de agregación lineal (que es totalmente compensatorio) a una alternativa no compensatoria, donde los pesos desempeñen de buena manera su papel como medida de importancia y, por último, (4) evaluar diferentes estrategias de ponderación, para seleccionar la que conduce a la mínima discrepancia estadística entre los pesos objetivo y la importancia teórica de las variables (Paruolo et al., 2013, p. 632).

Frente a la necesidad de encontrar una metodología estadística más robusta se analiza la correlación y multicolinealidad de algunos indicadores, por ejemplo, para el ranking THE, en el cual se mostró redundancia en cuatro de sus cinco indicadores principales, lo que indica la necesidad de prescindir de alguno de ellos para generar una clasificación más precisa y estadísticamente válida. Se sugiere que las variables *Investigación*, *Citas* e *Ingresos de la industria* serían predictores válidos, absorbiendo un 95,3% de los datos expresados en el ranking (Soh, 2015).

En cuanto a los indicadores compuestos, estos se han transformado en una herramienta útil para los sistemas de clasificación de instituciones de educación superior, sin embargo, se han planteado críticas respecto a los procesos de ponderación de estos. En respuesta a lo señalado, Maričić et al. (2016) proponen un nuevo método multivariante para la asignación de pesos, a partir del modelo de Beneficio

CAPÍTULO 5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DOCUMENTAL

de la Duda (BoD), el que se ha utilizado con un éxito significativo en el desarrollo de índices compuestos. Esto, combinado con la metodología del Indicador Compuesto de Distancia I (CIDI), que constituye un método imparcial para asignar ponderaciones a los indicadores, para así superar ciertas limitaciones que mantiene el modelo BoD.

Como objeto de su estudio, dichos autores analizaron el ranking QS, que se basa en cuatro indicadores: *reputación académica*, que ha sido el núcleo de esta clasificación desde sus inicios (50%), *reputación del empleador* (10%), *citaciones por artículo* (20%) y el índice H (20%). En el ranking, la ponderación considera un 60% del peso asignado a indicadores subjetivos. Con todo, los otros dos indicadores bibliométricos son subrepresentados, aun cuando son los más objetivos. Por esto, se sugiere la metodología CIDI para obtener pesos iniciales, basados en datos que podrían actuar como restricciones en el modelo BoD.

El índice BoD asigna pesos objetivos a cada entidad, mientras maximiza el valor general del índice. Así, usando este modelo, todas las entidades obtienen el mayor valor en su índice o indicador compuesto. La deficiencia de este modelo radica en que tiene total libertad de asignar pesos, por esto, un indicador puede pesar cero. En otras palabras, el modelo puede tener en cuenta el valor de un indicador más alto en comparación con los otros, a los que se les asigna cero. En consecuencia, se realizó una variación del modelo original, agregando ciertas restricciones para contrarrestar la deficiencia antes mencionada. En concreto, añadió la metodología CIDI para eliminar la problemática de indicadores con peso cero, con un intervalo suficientemente amplio para garantizar la robustez adecuada. La limitación que se genera en el método BoD-CIDI es que necesita datos normalizados, no así el método BoD original. De este método resultaron nuevas ponderaciones presentadas en la siguiente tabla:

Tabla 7. Pesos CIDI junto con los límites de peso de los indicadores.

Indicator	CIDI weight	Low Bound (0,75*CIDI weight)	Upper Bound (1,25*CIDI weight)
Academic Reputation	0,217	0,163	0,271
Employer Reputation	0,258	0,194	0,323
Citations per Paper	0,289	0,216	0,361
H-index	0,237	0,177	0,295
Sum	1,00	0,75	1,25

Estas ponderaciones difieren en gran medida con los pesos originales asignados por el ranking QS, lo que hace descender casi en un 57% el peso que debe tener el indicador *Reputación Académica* y, a su vez, sube el peso de los indicadores bibliométricos, dejando en evidencia que el sistema de ponderaciones actual para el ranking QS podría refinarse.

Al comparar las clasificaciones puede observarse que las tres mejores universidades siguen siendo las mismas: la Universidad de Harvard, la Universidad de Stanford y la Universidad de California, Berkeley, siendo las que lideran el camino independientemente del esquema de ponderación empleado (Maričić et al., 2016, p. 10).

Además, Maričić et al. (2016) realizaron el análisis de correlación entre las tres clasificaciones. Primero, se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson. Todos ellos son significativos ($p < 0.01$), mientras que la mayor correlación está entre el índice CIDI y los valores del índice BoD-CIDI ($r = 0.996$). El más bajo está entre el índice QS oficial y los valores del índice BoD-CIDI ($r = 0.890$). De la misma manera, se calcularon los coeficientes de correlación de Spearman. La correlación más alta se encuentra entre el índice CIDI y el BoD-CIDI ($r_s = 0.992$, $p < 0.01$), mientras que la más baja se encuentra entre el índice oficial

CAPÍTULO 5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DOCUMENTAL

QS y el BoD-CIDI ($r_s = 0.910$, $p < 0.01$). Los resultados obtenidos muestran que todas las correlaciones son altas y que las clasificaciones son similares.

En conclusión, el estudio logró generar un modelo con ponderaciones más precisas que las que actualmente posee el ranking QS, haciendo alusión a la objetividad de los datos y su importancia teórica (Maričić et al., 2016).

De la misma manera, la investigación realizada por Shehatta y Mahmood (2016) se centró en las 100 mejores universidades jerarquizadas en seis sistemas de clasificación internacional: ARWU, QS, THE, *US News & World Report Best Global University Rankings (USNWR)*, *National Taiwan University Ranking (NTU)* y *University Ranking by Academic Performance (URAP)*. En ella, se compararon los seis sistemas de clasificación global seleccionados, utilizando dos índices:

- (1) la cantidad de universidades superpuestas entre cada par de las seis clasificaciones y
- (2) los coeficientes de correlación de Pearson y Spearman. Estos coeficientes se calcularon empleando la clasificación orden o puntaje alcanzado por una universidad.

Los resultados de las 100 mejores universidades indican que las universidades superpuestas van desde 61 a 91, dependiendo de los pares de clasificación. La superposición máxima se produce entre URAP y NTU, mientras que la superposición más baja es entre QS y ARWU. Esto puede ser explicado de la siguiente manera: las metodologías URAP y NTU se basan 100% en indicadores bibliométricos, así como el uso de *Web of Science (WoS)*, base de datos Thomson Reuter. Por otro lado, la superposición más baja, ocurrida entre QS y ARWU, se debe a diversos puntos de diferencia en sus metodologías.

Respecto a los resultados, las correlaciones basadas en las 100 mejores instituciones de cada sistema de clasificación muestran que los valores de los coeficientes de correlación de Spearman son positivos en todos los pares de comparaciones y oscilan entre 0,538 y 0,933. Por otro lado, para los

CAPÍTULO 5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DOCUMENTAL

coeficientes de correlación de Pearson, estos oscilan 0,551 y 0,964, confirmando que aparecen correlaciones muy altas en los seis sistemas de clasificación (Shehatta y Mahmood, 2016).

El mayor grado de similitud se observa entre URAP y NTU, porque ambos se basan en indicadores bibliométricos y utiliza una base de datos internacional común: *WoS*. Por otro lado, las correlaciones entre QS y NTU (0.538), USNWR (0.586) y *URAP* (0.594) tienen la menor similitud. Esto no es sorprendente como resultado de la gran diferencia entre las metodologías de clasificación de QS y NTU, USNWR y URAP; el ranking QS se basa en la calidad de la investigación (60%), fuera de este peso un 40% corresponde a encuesta de reputación, empleabilidad de graduados (10%), perspectiva internacional (10%) y calidad de enseñanza (20%).

En cambio, las otras tres clasificaciones se basan principalmente en datos bibliométricos para evaluar el resultado de la investigación, impacto/calidad y excelencia. Un 40% del puntaje total de QS, basado en el sistema de revisión por pares, que es subjetivo y dependiente de la opinión, no produce resultados consistentes que reflejen el logro real (Dill y Soo, 2005; Taylor y Braddock, 2007). Además, QS utiliza la base de datos *Scopus* para los indicadores de investigación, y las otras tres clasificaciones emplean *WoS*.

Los investigadores señalan que, aunque se observan algunas correlaciones, depender de los resultados de un sistema de clasificación único para desarrollar políticas y decisiones importantes, será incorrecto para otras clasificaciones, debido a que se emplean diferentes indicadores de clasificación. Por lo tanto, las decisiones pueden diferir cuando se usan los resultados de una clasificación específica (Shehatta y Mahmood, 2016).

Además, los autores recalcan que es de suma importancia para todos los interesados, leer y comprender toda la información de clasificación, como alcance, metodología, indicadores,

CAPÍTULO 5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DOCUMENTAL

ponderaciones, fuente de datos, puntuación, limitaciones, entre otras. Como ejemplo de ello, las características distintivas de las mejores universidades que figuran en las 100 mejores listas de estas clasificaciones se derivan de los datos e indicadores recopilados de *InCites*. Estas características incluyen la alta cantidad de investigación, calidad y excelencia; alta perspectiva/visibilidad internacional; los fondos/finanzas; programas de grado en demanda; fuentes grandes y diversas (dotación e ingresos) y estrecha colaboración con empresas, industria y comunidad (Shehatta y Mahmood, 2016).

Otra propuesta para mejorar el sistema de rankings es la que realiza Soh (2013), quien presenta los errores de discrepancia en los pesos nominales de los distintos indicadores para los sistemas de clasificación. Por ejemplo, en el ranking THE, *Enseñanza* y *Citas* tienen asignada la misma ponderación de 30%, teniendo así una relación de 1:1, pero sus pesos beta correspondientes son 0.333 y 0.617, una relación de 1:2, lo que indica que *Citas* es doblemente poderoso o predictivo, generando así discrepancias y malos enfoques en las instituciones que trabajan en su ascenso para dicho sistema de clasificación.

Para estos errores en las clasificaciones, Soh (2013) presenta el método T-Scalling como solución, el que consiste en asegurarse de que la media y desviación estándar de los indicadores sean la misma antes de la suma. Esto se logra mediante la estandarización de puntajes brutos, no necesariamente a una media de 0 y desviación estándar de 1, ya que vuelve los valores negativos poco interpretables, pero sí a una media y desviación estándar común para todos los indicadores. En el estudio, fue elegida una media de 50 y una desviación estándar de 10 para los rankings ARWU 2011, QS 2012 y THE 2012-2013 y sus 100 mejores instituciones.

Tomando como caso el ranking ARWU, los pesos beta para los puntajes originales sin procesar tienen proporciones algo diferentes de las de los puntajes pesos nominales. Por ejemplo, el indicador *Egresados (Alumni)* está sobreponderado por 0.4, mientras que los otros indicadores están todos infraponderados, específicamente *HiCi* en 0.2, *N&S* en 0.3, *PUB* por 0.7 y *PCP* por 0.3. Cuando a los

CAPÍTULO 5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DOCUMENTAL

puntajes brutos se les aplicó el método T-Scaling antes de ponderar, los pesos beta fueron consistentes con los pesos nominales, actualizando la intención del sistema de clasificación. Las discrepancias para los otros indicadores son mucho menores (Soh, 2013).

Por consiguiente, es posible definir que las discrepancias existentes entre los pesos del indicador nominal (previsto por el *ranker*) y los pesos de los indicadores alcanzados (de los que realmente está compuesto el puntaje general) desinforman a los consumidores de rankings y conducen a un juicio erróneo, que puede generar decepciones innecesarias en la competencia en el contexto actual. Por lo tanto, será un esfuerzo poco fructífero dirigir recursos para mejorar la clasificación, a partir de indicadores identificados incorrectamente. Si la reputación es importante y los recursos necesitan ser canalizados de manera óptima, la universidad no puede ignorar las discrepancias, como las mostradas en el análisis (Soh, 2013).

Frente al gran fenómeno de los sistemas de clasificación globales, además de los errores metodológicos, también se identificaron en nuestro análisis, divergencias en la forma en que los rankings se proveen de datos. Es el caso de las citas en el ámbito investigativo, debido a que, según (Docampo, 2013), estas presentan errores en su contabilización o asignación de documentos científicos, a causa de alcances de nombres o de la rigidez en la obtención de datos, las publicaciones indexadas en más de una revista y la producción per cápita de la institución.

Junto con lo anterior, se menciona la insuficiencia de datos mostrada en los actuales sistemas de clasificación, generando una categorización incompleta, dada la enorme cantidad de campos que no son informados o no se pueden informar por gran parte de las instituciones que participan en estos sistemas. Igualmente, afecta la exhaustiva recolección de datos con poco índice de logro y la rigidez de los actuales sistemas, en cuanto a las disciplinas y áreas que abordan. Ante esto, se han desarrollado sistemas multicanal de datos web, basados en indicadores sociales, presentando un esquema automático que

CAPÍTULO 5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DOCUMENTAL

unifica factores teóricamente relevantes en la clasificación de instituciones de educación superior, todo esto, con un alto índice de efectividad (Feng et al., 2017).

Para Martínez (2011), las inconsistencias metodológicas que han presentado ciertos rankings internacionales, han abierto el debate académico entre perspectivas que abogan por construir modelos de medición parametrizados de mayor calibre y precisión y visiones que han planteado que el uso exclusivo de las mediciones parametrizadas ha devaluado la calidad de la enseñanza, toda vez que amplía el proceso de mercantilización de la educación universitaria, marginando indicadores y factores que son difíciles de medir en términos cuantitativos.

Por último, se destaca la necesidad de complejizar el análisis y la metodología en los actuales sistemas de clasificación, debido a que estos no pueden hacerse mediante un análisis descriptivo simple, tomando en cuenta la gran oferta y heterogeneidad de las instituciones de educación superior. Resumir el desempeño de una institución en una cantidad pequeña de indicadores tiende a cometer un error en el método de análisis, puesto que no es posible encasillar todas las cualidades que debe poseer una institución en esta mínima cantidad de indicadores. Por tanto, algunos autores proponen el análisis de dimensiones que podrían complejizar y rectificar los actuales sistemas de clasificación, como, por ejemplo:

- 1) **Indicadores de productividad:** retención de estudiantes en primer año en las facultades, créditos logrados por estudiantes, tasa de estudiantes inscritos en licenciaturas y másteres.
- 2) **Indicadores de enseñanza:** docentes permanentes por créditos, profesores permanentes por estudiantes, plazas por estudiante, relación investigadores/docentes y monitoreo de actividades educativas.

- 3) **Indicadores de investigación:** financiación por investigador, financiamiento promedio por investigación, proyectos presentados por académico, investigaciones internacionales promedio por académico, entre otros.

De este modo, al adicionar indicadores como los propuestos por el autor, se complejizó el análisis clasificatorio y se unificó de mejor forma la enorme oferta de instituciones de educación superior, logrando así identificar similitudes, diferencias, fortalezas y debilidades, al mismo tiempo que se realiza la clasificación misma. Este método ofrece así un sistema más completo, donde el lector, según sus intereses, puede utilizar este sistema para su beneficio (Raponi et al., 2016).

5.7. Principales resultados de la revisión bibliográfica

En el marco del mapeo revisión bibliográfica, se consideraron un total de ocho sistemas de clasificación: Academic Ranking of World Universities (ARWU), Quacquarelli Symonds World University Ranking (QS), Times Higher Education World University Ranking (THE), US News & World Report Best Global University Rankings (USNWR), National Taiwán University Ranking (NTU), University Ranking by Academic Performance (URAP), CWTS Leiden ranking y U-Multirank, analizados en distintos grupos según el documento revisado.

En diversas investigaciones se presenta la problemática de definir la distribución de pesos en los indicadores, lo que genera ponderaciones finales erróneas que pueden producir una destinación de recursos, preferencias e ideas equívocas para los usuarios de estos sistemas de clasificación. Además, en algunos documentos se enfatizó en la poca transparencia de algunos indicadores (principalmente de satisfacción), ya que estos son realizados mediante encuestas propiamente hechas por las instituciones, sin transparencia alguna ni con datos públicos. Esto plantea la gran tarea de mejorar los sistemas de clasificación global de las instituciones de educación superior, ya que estos han adquirido un papel

CAPÍTULO 5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DOCUMENTAL

fundamental, no solo a la hora de clasificar las instituciones, sino también, en la toma de decisiones de sus usuarios, lo que puede generar un gran impacto a nivel individual, social, político, cultural e incluso económico, que podría ser beneficioso o infructuoso, según la veracidad y utilidad de la información que nos entregan estos sistemas.

Además, se destaca el método BoD-CIDI presentado en *Multivariate approach to imposing additional constraints on the Benefit-of-the-Doubt model: The case of QS World University Rankings by Subject* (Maričić et al., 2016), puesto que es un método que aborda las problemáticas antes mencionadas de una manera poco usual pero muy prometedora, generando un nuevo modelo para encontrar ponderaciones más adecuadas que las empleadas por los actuales sistemas de clasificación. Es así como propone una visión más acertada a la hora de utilizar estas herramientas, superando el sesgo por un solo indicador y, dejando de subestimar los indicadores bibliométricos, los cuales son los más objetivos y relevantes a la hora de realizar un análisis exhaustivo.

Por otra parte, el método presentado en *Country-Specific determinants of world university rankings* (Pietrucha, 2018) presenta una innovación real a las problemáticas de los rankings globales, ya que estos solo han abordado la clasificación por institución, dejando de lado las situaciones relevantes a nivel de cada país, donde algunas instituciones podrían tener mayor o menor potencial según su realidad. Por último, también se destaca el método presentado en *World university ranking system: an alternative approach using partial least squares path modeling* (Jajo y Harrison, 2014), porque modela un método de varios sistemas de clasificación, para generar un sistema unificado que promete una mejor representación a la hora de clasificar a las instituciones. Esto, dadas las discrepancias que existen entre cada ranking que se conoce y que se incrementan en la medida en que se analizan instituciones de menor de categoría.

En síntesis, se presenta una seria necesidad complejizar los indicadores a analizar en los sistemas de clasificación mundiales ya existentes, así como la robustez de los métodos usados y la rectificación

CAPÍTULO 5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DOCUMENTAL

respectiva a la “unidimensionalidad” que presentan todos los rankings de renombre hacia el área investigativa. De esta manera, se podría realizar una clasificación validada y útil para cualquier institución de educación superior, país o investigador, que necesite tomar decisiones con datos objetivos e influyentes, sin importar el área en que se desenvuelva o la dimensión que quiera abordar. Actualmente, los indicadores abordados por los sistemas de clasificación son insuficientes y se requiere la expansión de estos hacia dimensiones que evalúen el impacto científico, resultados económicos, impacto en salud pública, entorno académico, situación del estado, entre otros.

Ante estas recomendaciones y los diversos métodos propuestos para el mejoramiento de la información ofrecida por los sistemas internacionales de clasificación, se presenta una motivación al desarrollo de herramientas que logren unificar en un solo sistema la información y clasificación de las instituciones de educación superior, de forma no sesgada, objetiva, completa y estadísticamente robusta. Esto, considerando que, en la actualidad, los rankings motivan la de toma de decisiones en distintos Estados, economías y políticas educativas en cada país.

En Tabla 8, se resumen lo realizado, exponiéndose: nombre de la investigación, resumen general de lo que trata, metodología utilizada en ella, más una opinión y comentario personal de dicho trabajo.

Tabla 8. Resumen de la revisión bibliográfica

N°	Nombre	Fecha publicación	Revista	Autores	Resumen	Metodología	Conclusiones
1	Rickety numbers: Volatility of university rankings and policy implications	13-10-2010	Elsevier Volume 40, Issue 1, February 2011, Pages 165-177	Michaela Saisana; Béatrice d’Hombres; Andrea Saltelli	Análisis en cuanto a las complicaciones para la validez de los rankings ARWU y THE. Se analizó la robustez de la metodología para los sistemas de clasificación.	Ponderaciones alternativas a variables latentes mediante Análisis Factorial y el método Envoltura de Datos para maximizar el rendimiento de cada institución en el ranking de análisis.	Ni ARWU ni THE son suficientes para evaluar el rendimiento individual de una institución. Debido a las diferencias metodológicas, en el top 200, entre 3 y 5 de cada 10 universidades varían en más de 30 sus posiciones,

CAPÍTULO 5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DOCUMENTAL

N°	Nombre	Fecha publicación	Revista	Autores	Resumen	Metodología	Conclusiones
							impidiendo conclusiones precisas.
2	Reproducibility of the Shanghai academic ranking of world universities results	01-07-2012	Scientometrics (2013) 94:567–587	Domingo Docampo	Aborda las posibilidades de reproducir los datos entregados por el ranking ARWU. Se analiza indicador a indicador, la validez estadística de ponderaciones y datos recopilados.	Estimaciones y validación estadística de las mismas frente a todos los indicadores del ranking ARWU	Evidencia la precisión de puntajes computados en el ranking ARWU atestiguando su reproducibilidad en todos sus indicadores, junto con su trabajo sobre datos sólidos y transparentes.
3	Ratings and rankings: voodoo or science?	14-05-2013	Journal of the Royal Statistical Society Volume 176, Issue 3 page 609 - 634	Paolo Paruolo; Michaela Saisana; Andrea Saltelli	Propone medir la importancia teórica y objetiva de los pesos que se le asignan a cada variable estudiada en un ranking, para no realizar compensaciones que lleven a una discrepancia estadística entre las variables y la clasificación de las instituciones.	Análisis de indicadores compuestos mediante correlación de Pearson; costos de simplificación al realizar una agregación lineal; estudio de varianzas (APC)	Se propone una variación basada en herramienta para medir la discrepancia interna de un indicador compuesto entre objetivo e importancia efectiva.
4	Rectifying an honest error in world university rankings: a solution to the problem of indicator weight discrepancies	09-10-2014	Journal of Higher Education Policy and Management Vol. 35, No. 6, 574–585	Soh Kaycheng	Presenta errores de discrepancia ante la relación entre las ponderaciones nominales de un ranking y ponderaciones que serían predictivas del mismo.	Método T-Scaling sobre medias y desviaciones estándar en los indicadores para analizar pesos realmente predictivos.	Concluye la existencia de discrepancias entre los pesos nominales y reales asignados en los sistemas de clasificación, generando así una desinformación sobre cómo abordar, para las instituciones, el desarrollo y ascenso en los rankings.

CAPÍTULO 5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DOCUMENTAL

N°	Nombre	Fecha publicación	Revista	Autores	Resumen	Metodología	Conclusiones
5	World university ranking systems: an alternative approach using partial least squares path modelling	06-10-2014	Journal of Higher Education Policy and Management Vol. 36, No. 5, 471–482	Nethal K. Jajo y Jen Harrison	Realiza un método de unificación de los rankings más famosos en un solo sistema.	Método de ruta de mínimos cuadrados parciales (PLS-PM) ante las muchas variables predictoras correlacionadas y generación de un índice unificado de diversos sistemas de clasificación.	Se desarrolla un índice para medir el logro de una institución de educación superior en diversos sistemas de clasificación, así también, ver cómo afecta su ubicación en cada sistema según el cambio de variables latentes específicas.
6	Technical pitfalls in university rankings	10-09-2014	Springer Science+Business Media Dordrecht 2014	Marie-Laure Bougnol & Jose H. Dula	Análisis crítico de los problemas técnicos en los rankings mundiales, como sesgo en el enfoque del ranking; variables correlacionadas; transparencia en datos manipulables.	Estudio de la colinealidad en las variables de los rankings mediante el Análisis de Componentes Principales y errores estadísticos cometidos.	Sugiere soluciones a las pitfalls mencionadas mediante: Asignación de pesos negativos; estudio de colinealidad de datos y uso de variables latentes; transparencia y estandarización en los datos entregados por cada institución.
7	A critical comparative analysis of five world university rankings	10-12-2016	Scientometrics 110, 967–990 (2017)	Henk Moed F.	Análisis estadístico de superposiciones entre diversos rankings, preferencias geográficas de cada sistema, discordancias entre rankings.	Superposiciones y comparaciones entre rankings. Análisis de correlaciones entre indicadores de distintos rankings.	Preferencias geográficas de U-Multirank hacia Europa, ARWU hacia América del Norte, Leiden hacia Asia; QS y THE hacia países anglosajones. Baja correlación entre indicadores de ranking QS y THE.
8	Country-specific determinants of world university rankings	23-12-2017	Scientometrics (2018) 114:1129–1139	Jacek Pietrucha	Investiga factores determinantes más profundos, a nivel nacional, para el posicionamiento de las instituciones, considerando factores como el PIB, longevidad y estabilidad.	Se determinaron los factores que implican la clasificación de una institución mediante una regresión transversal y estimación de parámetros mediante mínimos cuadrados.	Expresa que un factor clave en el posicionamiento de las instituciones en los sistemas de clasificación es el tamaño de la economía (PIB) junto con el flujo de fondos destinados al desarrollo de las instituciones.

CAPÍTULO 5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DOCUMENTAL

N°	Nombre	Fecha publicación	Revista	Autores	Resumen	Metodología	Conclusiones
9	Multivariate approach to imposing additional constraints on the Benefit-of-the-Doubt Model: The case of QS World University Ranking by subject	25-08-2016	Croatian Review of Economic, Business and Social Statistics (CREBSS); Vol. 2, No. 1, 2016	Milica Maričić; Milica Bulajić; Zoran Radojičić; Veljko Jeremić	Genera mediante el método BoD-CIDI un modelo de ponderaciones refinado que el que actual (QS), asignando más peso a indicadores bibliométricos y objetivos.	Se utilizó el Data Envelopment Analysis (DEA) y Benefit of the doubt model (BoD) para la creación de indicadores compuestos; y Composite I-distance Indicator (CIDI) para la asignación de ponderaciones a los indicadores.	Alude a la posibilidad de refinar las ponderaciones oficiales para los indicadores del ranking QS con gran correlación a la ponderación original, sobre todo para universidades ubicadas en lo alto del ranking, pero aludiendo más a la objetividad e importancia teórica de los datos.
10	Correlation among top 100 universities in the major six global rankings: policy implications.	26-07-2016	Scientometrics (2016) 109:1231–1254	Ibrahim Shehatta; Khalid Mahmood	Propone el análisis de las instituciones top, para generar correlaciones en sus posicionamientos e indicadores y comparar posicionamiento según ranking.	Correlaciones y superposiciones en las primeras 100 instituciones de seis rankings través de índices de correlación de Pearson y Spearman	Presenta grandes correlaciones entre el posicionamiento de instituciones en rankings que utilizan indicadores bibliométricos, correlaciones moderadas en otros rankings que difieren en metodología. Se concluye que es ineficiente y sesgado analizar una institución a través de solo un sistema de clasificación.
11	Multicolinearity and Indicator Redundancy Problem in World University Rankings: An Example Using Times Higher Education World University Ranking 2013–2014 Data	21-11-2014	Higher Education Quarterly, Volume 69, No. 2, April 2015, pp 158–174	Soh Kaycheng	Analizó la existencia de correlación entre indicadores y la multicolinealidad ante el cálculo del puntaje total en el ranking THE, planteando nuevas interrogantes para el cálculo de puntajes.	Análisis de correlación entre indicadores para mostrar la influencia entre ellos, verificación de multicolinealidad mediante regresiones múltiples.	Muestra redundancia para cuatro de los cinco indicadores, justificando la multicolinealidad y la necesidad de prescindir de ciertos indicadores para el cálculo del puntaje total. Sugiere que Research, Citations e Industry Income serían buenos predictores.

CAPÍTULO 5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DOCUMENTAL

N°	Nombre	Fecha publicación	Revista	Autores	Resumen	Metodología	Conclusiones
12	Computing a journal meta-ranking using paired comparisons and adaptive lasso estimators	15-10-2015	Scientometrics (2016) 106:229–251	Laura Vana; Ronald Hochreiter; Kurt Hornik	Analiza la objetividad y subjetividad que pueden lograr los sistemas de clasificación híbridos para revistas científicas. Genera una clasificación parcial de revistas con caracteres similares	Método de clasificación de lasso junto con el modelo Bradley-Terry para datos de comparación emparejados y clasificación de revistas científicas.	Encuentra un método flexible para integrar una clasificación ampliamente heterogénea en revistas científicas, generando así agrupaciones por disciplina y una clasificación general.
13	Computational Social Indicators: A Case Study of Chinese University Ranking	07-08-2017	Proceedings of the 40th International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval; pages 455–464	Fuli Feng; Liqiang Nie; Xiang Wang; Richang Hong; Tat-Seng Chua	Presenta el desarrollo de un esquema y sistema de clasificación a través de un multi canal de datos web e indicadores sociales.	Estructuración de datos a través de matrices laplacianas y agrupaciones para el análisis de indicadores sociales mediante canales de información web.	Presenta un esquema que integra clasificación en grupos y la unificación del modelo observando que: se domina el desempeño del ranking, los resultados son comparables a los rankings de universidades chinas y demuestra racionalidad y efectividad en el modelo.
14	A comparative analysis of global and national university ranking systems	02-04-2015	Scientometrics (2015) 103:813–848	Murat Perit Çakır; Cengiz Acartürk; Oğuzhan Alasehir; Canan Çilingir	Busca mostrar discrepancias entre rankings globales y nacionales debido a la importancia de la investigación y bibliometría que dan los primeros, contra los indicadores adicionales que manejan los segundos.	Análisis comparativo global de los indicadores y subindicadores utilizados en los sistemas de clasificación globales y nacionales.	Se concluyó que, en rankings globales, 72% de los indicadores va destinado a investigación y 12% a la educación; no así los rankings locales quienes destinan 46% de los indicadores a la calidad educativa y 26% a la investigación.
15	A biclustering approach to university performances: an Italian case study	30-06-2018	Journal of Applied Statistics, 43(1), 31-45	Valentina Raponi; Francesca Martella; Antonello Maruotti	Menciona que no pueden clasificarse mediante un análisis descriptivo simple debido a la complejidad y heterogeneidad de las instituciones.	Modelo biclustering por Martella et. al, aproximando la densidad de datos mediante distribuciones Gaussianas con estructuras de covarianza específica	Generó un sistema de clasificación unificado, clasificando entre instituciones con enfoques similares según indicadores propuestos. Destaca fortalezas y debilidades de las instituciones, al

CAPÍTULO 5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DOCUMENTAL

N°	Nombre	Fecha publicación	Revista	Autores	Resumen	Metodología	Conclusiones
							mismo tiempo que se identifican diferencias.
16	Are university rankings useful to improve research? A systematic review	07-03-2018	PLOS One	Marlo M. Vernon; E. Andrew Balas; Shaheer Momani	Esta revisión plantea la necesidad de abordar nuevos indicadores que puedan clasificar de mejor forma la investigación institucional.	Análisis comparativo de bibliografía y metodologías en sistemas de clasificación de instituciones de educación superior.	Menciona que los indicadores actuales son insuficientes para evaluar con precisión los resultados en investigación y deben expandirse a: impacto científico, resultados económicos e impacto en la salud pública para evaluar el entorno académico institucional.

CAPÍTULO 6

ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

El estudio del comportamiento de los datos en los métodos clásicos de análisis multivariante (por ejemplo, Análisis de Componentes Principales (PCA), Análisis de Correspondencias (CA) y métodos Biplot) se basa en las matrices de dos dimensiones $X_{[I, P]}$ o tablas de dos-vías. En este tipo de matriz, la estructura consta de I filas (individuos) y P columnas (variables), lo que se indica en (1) (González-Narváez et al., 2020).

$$(1) X_{[I, P]} = \{X_{ij} | i = 1, \dots, I; j = 1, \dots, P\}$$

Uno de los principales propósitos en el análisis de datos es obtener representaciones gráficas que permitan establecer patrones de comportamiento de las observaciones. El PCA es uno de los métodos utilizados para esto. Sin embargo, permite representar sólo las observaciones o las variables del estudio, pero no ambas a la vez. En otras palabras, representa grupos de observaciones similares, pero no la causa de dicha agrupación. Para evitar estas desventajas, aparecen los métodos de representación Biplot.

6.1. Métodos BILOT

Un BILOT es una representación gráfica de datos multivariantes (Gabriel, 1971). De la misma manera que un diagrama de dispersión muestra la distribución conjunta de dos variables, un BILOT representa tres o más variables. Por otra parte, Gabriel y Odoroff (1990) señalan que estos métodos tiene como característica “mostrar distancias o agrupaciones entre individuos y correlaciones entre variables” (González-Narváez et al., 2020, p. 4). Así, en caso de que una matriz de partida –en las filas con individuos y en las columnas con variables– sea de rango superior, el Biplot la representa como una matriz de rango 2, aproximadamente.

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

La Descomposición de Valores Singulares (DVS) del Biplot se sustenta en la matriz de partida, al factorizar “en matrices de marcadores filas y de marcadores columnas” (González-Narváez et al., 2020, p.

4). Además, el Biplot está constituido por dos métodos:

- 1) **GH-BIPLLOT:** busca la mejor manera de representar las variables, pero con una calidad menor en la representación de los individuos.
- 2) **JK-BIPLLOT:** representa mejor a los individuos que el GH-Biplot, pero la calidad de representación de las variables es menor.

Por tanto, sea $X_{[I, P]}$ la matriz definida en (1), de rango r , la que se puede factorizar como en (3):

$$(3) X \cong GH$$

donde G es una matriz con la dimensión $(I \times r)$ y H de dimensión $(P \times r)$, en que cada elemento $x_{ij} = g_i h_j$ se puede representar “por el producto de la i -ésima fila de G y la j -ésima columna de H^T ”. Los vectores g_i se consideran los efectos filas y los h_j los efectos columna. Sea X como en (2), se definen las matrices JK y GH como se presenta en (4) y (5) respectivamente:

$$(4) JK: J = U\Sigma \text{ y } K = V$$

$$(5) GH: G = U \text{ y } H = V\Sigma$$

Por su parte, Galindo (1986) propone para los métodos Biplot, el llamado HJ-Biplot, una representación simultánea con máxima calidad de representación para los marcadores filas j_1, \dots, j_i y los marcadores columnas h_1, \dots, h_p “en un mismo sistema de referencia de ejes factoriales” (González-Narváez et al., 2020, p. 4), lo que se presenta en (6):

$$(6) HJ: H = U\Sigma \text{ y } J = V\Sigma$$

En el que σ es el valor singular de la matriz Σ .

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

Galindo y Cuadras (1986) indican que las relaciones entre los ejes factoriales con las variables y con los individuos pueden interpretarse mediante métricas, lo que también puede hacerse con “contribuciones relativas del factor al elemento y del elemento al factor, así como la calidad de representación (QLR, por sus siglas en inglés) de filas y columnas” (González-Narváez et al., 2020). Esto se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Contribuciones del método HJ-Biplot

Contribución	Ecuación
Relativa a la traza del elemento i -ésimo (fila), representa la variabilidad total explicada por el individuo.	(7) $CRF_i = \frac{\sum_{j=1}^n \lambda_{ij}^2}{\sum_{j=1}^n \lambda_{ij}^2 + \sum_{k=1}^m \lambda_{kj}^2}$
Relativa del elemento i -ésimo (fila) al factor l , representa la variabilidad del factor explicada por el individuo.	(8) $CRF_{il} = \frac{\lambda_{il}^2}{\sum_{j=1}^n \lambda_{ij}^2}$
Del factor l al elemento i -ésimo (fila), representa la parte de la variabilidad de cada individuo explicada por el factor.	(9) $CRF_{li} = \frac{\lambda_{il}^2}{\sum_{i=1}^n \lambda_{il}^2 + \sum_{k=1}^m \lambda_{kl}^2}$
Relativa a la traza del elemento j -ésimo (columna), representa la variabilidad total explicada por la variable.	(10) $CRF_j = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_{ij}^2}{\sum_{i=1}^n \lambda_{ij}^2 + \sum_{k=1}^m \lambda_{kj}^2}$
Relativa del elemento j -ésimo (columna) al factor l , representa la variabilidad del factor explicada por la variable.	(11) $CRF_{lj} = \frac{\lambda_{lj}^2}{\sum_{i=1}^n \lambda_{ij}^2 + \sum_{k=1}^m \lambda_{kj}^2}$
Del factor l al elemento j -ésimo (columna), representa la parte de la variabilidad de cada variable explicada por el factor.	(12) $CRF_{lj} = \frac{\lambda_{lj}^2}{\sum_{i=1}^n \lambda_{il}^2 + \sum_{k=1}^m \lambda_{kl}^2}$
Calidad de representación de la i -ésima (fila)	(13) $CLRE_i = CRF_{li} + CRF_{li}$
Calidad de representación de la j -ésima (columna)	(14) $CLRE_j = CRF_{lj} + CRF_{lj}$

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

Un BIPLLOT es una representación gráfica de datos multivariantes. De la misma manera que un diagrama de dispersión muestra la distribución conjunta de dos variables, un BIPLLOT representa tres o más variables (Gabriel, 1971). Existen tres tipos de BIPLLOT: GH-BIPLLOT, JK-BIPLLOT y HJ-BIPLLOT. En los gráficos BIPLLOT, las variables se verán representadas como flechas, las que nacen todas del mismo punto que representa la media de los datos. Además, el tamaño que adquiera cada flecha se corresponderá con la desviación estándar de la variable respectiva, es decir, muestra qué tanto varían los datos en esa variable.

Por otra parte, si el ángulo formado por dos variables diferentes es cercano a 0° , nos indica que estas variables estarán directamente relacionadas; si ese ángulo es cercano a 180° , las variables estarán inversamente relacionadas y, si el ángulo es cercano a 90° o 270° , indicará que las variables no tienen relación alguna, o muy poca. Por último, los ejes coordenados representarán nuestros ejes factoriales, por lo que, si una variable adquiere una dirección cercana a la horizontal, esta variable estará muy bien representada en el eje factorial horizontal. Análogamente, si la dirección fuera vertical, dicha variable estará muy bien representada en el eje factorial vertical.

En el gráfico BIPLLOT, los individuos se representarán como puntos, de los cuales, si se toma su proyección respectiva en cada variable, nos acercará al valor que debería tomar ese individuo en dicha variable.

La metodología a utilizar en el análisis será con el HJ-BIPLLOT (Galindo Villardón, 1986), ya que es una representación gráfica multivariante de las líneas de una matriz X_{*+} , mediante los marcadores j_-, \dots, j_* para sus filas y h_-, \dots, h_* para sus columnas, elegidos de forma que ambos marcadores puedan ser superpuestos en un mismo sistema de referencia, con máxima calidad de representación (Galindo, 1986; Galindo y Cuadras, 1986).

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

En una representación HJ-BIPLLOT, las variables directamente relacionadas a gran escala sus vectores respectivos son cercanos. Por otra parte, variables completamente relacionadas, pero de manera inversa forman casi un ángulo de 180° . Además de lo ya señalado, las variables no relacionadas forman un ángulo muy cercano a los 90° .

Variabes (vectores) con mayor explicación de la varianza son las de vectores más largos en el conjunto de variables representadas, así como vectores cerca de los ejes coordenadas son las mejores representadas en cada uno de las componentes principales de la representación (ejes coordenados).

Por último, la ponderación que se le asigna a cada individuo en cierta variable mediante las componentes principales graficadas en un HJ-BIPLLOT se pueden obtener calculando la proyección del individuo (punto) a la variable respectiva (vector). Por lo tanto, las proyecciones que caen en el vector indican que el individuo proyectado está por sobre la media de esa variable; y las proyecciones que caen en la prolongación del vector indican que el individuo proyectado está por debajo de la media en esa variable.

En términos prácticos de la Figura 2, se puede conocer, la variabilidad de las variables, observando la longitud del vector y la covariación de las variables, observando el ángulo que forman.

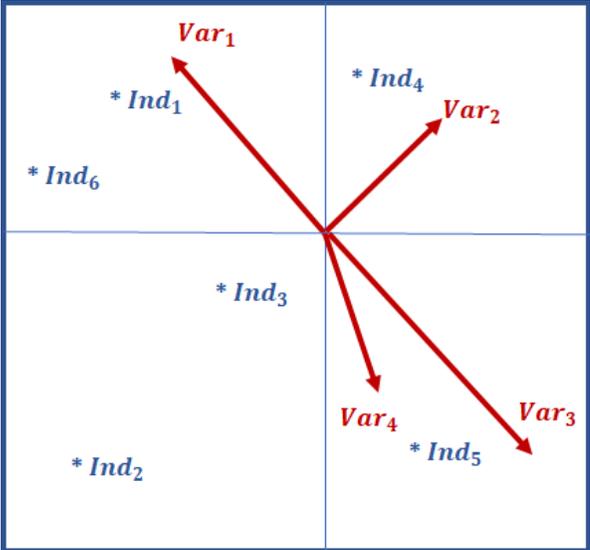


Figura 2. Representación gráfica HJ-BIPLLOT.

6.2. Estudio de rankings internacionales de Educación Superior

El estudio parte con un análisis preliminar de las universidades ubicadas en los rankings QS, THE y ARWU publicados el año 2017. Para esto, se consideraron solamente las primeras 200 instituciones del ranking QS, coincidentes con las primeras 200 instituciones del THE. Esta selección se hizo con el fin de establecer, en primera instancia, relaciones entre las instituciones mejor evaluadas de cada ranking. Por otro lado, por la falta de numerosos datos a partir de los puestos 200. Por lo tanto, las tablas de universidades quedaron con 161 coincidencias en rankings QS y THE y en ARWU 159 instituciones, en este último ranking quedaron fuera las instituciones: Humboldt University of Berlín y Free University of Berlín por no estar rankeadas en ARWU.

En la Tabla 10, se resume la muestra de universidades seleccionada por país de origen en donde es posible apreciar que está fuertemente influenciada por Estados Unidos con 48 universidades, le sigue Reino Unido con 28 y Países Bajos con 12.

Tabla 10. Cantidad y porcentaje de Universidad por País

N°	País	Cantidad	% Del Total
1	United States	48	30%
2	United Kingdom	28	17%
3	Netherlands	12	7%
4	Germany	11	7%
5	Australia	8	5%
6	Switzerland	7	4%
7	Canadá	7	4%
8	Hong Kong	5	3%
9	South Korea	4	2%
10	China	4	2%

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

N°	País	Cantidad	% Del Total
11	Sweden	4	2%
12	Denmark	3	2%
13	Belgium	3	2%
14	France	3	2%
15	Japan	2	1%
16	Singapore	2	1%
17	Austria	1	1%
18	Ireland	1	1%
19	Spain	1	1%
20	Finland	1	1%
21	Russia	1	1%
22	Taiwan	1	1%
23	Israel	1	1%
24	South África	1	1%
25	Norway	1	1%
26	New Zealand	1	1%
	Total general	161	100%

Estas instituciones son nombradas I1, I2, ..., I199, donde el número corresponde a la posición en el ranking QS, por lo que cualquier institución que esté en la posición 201 o superior en el ranking THE, no aparecerá en esta lista, el detalle de codificación, nombre y país de origen se puede consultar en Anexo I. Codificación Instituciones Ranking. Dado que buscar coincidencias entre las 200 primeras instituciones de tres rankings distintos habría generado un gran filtro de instituciones, para el ranking ARWU se consideraron las mismas instituciones elegidas para los análisis de los otros dos rankings QS y THE, sin considerar si éstas se encontraban en las primeras 200 del ranking mencionado. Esto provoca que algunas

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

de las instituciones estudiadas estén ubicadas entre las posiciones 200 y 300 del ranking. La razón que llevó a tomar esta determinación es el interés del estudio: generar comparaciones entre el comportamiento de un mismo grupo de instituciones, en los tres rankings analizados.

6.3. Aplicación Método HJ- Biplot

El primer análisis se estableció con representaciones gráficas bidimensionales mediante los HJ-Biplot (Galindo, 1986) de los componentes principales de cada base de datos. Al generar los HJ-Biplot, se consideró la variable *Puntaje Global*, la que, si bien “resume” el resto de las variables, al incluirla en el análisis, acentuó la ubicación de cada institución en la representación gráfica de las componentes principales. Posteriormente, se realizó un análisis de clúster con el fin de comparar los dos rankings.

Para el caso del ranking QS, la información capturada en el HJ-Biplot para los tres primeros ejes se visualiza en la Tabla 11. Se retuvieron tres ejes pues se consiguió una inercia acumulada elevada, 74,09%, suficiente para caracterizar, con garantías, el posicionamiento de las universidades en el ranking QS respecto a todas las variables consideradas.

Tabla 11. Inercia para los tres primeros ejes Ranking QS.

Ejes	Valor Propio	Varianza Explicada	Varianza Acumulada
Eje 1	499.224	43.027	43.027
Eje2	280.837	18.218	61.245
Eje 3	231.621	12.854	74.099

El primer eje factorial retuvo la mayor cantidad de información, por tanto, el gradiente horizontal fue el más interesante a la hora de explicar la ordenación de las universidades según ese gradiente latente multivariante.

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

Para el caso del ranking QS, se logró una buena explicación de casi todas las variables en los primeros y segundos componentes del eje principal (ejes coordenados), superando el 60% de la varianza total de todas las variables. Además, la variable *Citas por Facultad*, puede ser analizada en el plano 3. La Tabla 12 recoge la contribución de cada eje factorial a la variabilidad de los diferentes indicadores del ranking.

Tabla 12. Contribución del factor latente a la variable observable - Ranking QS.

Contribución de columnas	Eje 1	Eje 2	Eje 3
Puntaje Global	900	41	16
Reputación Académica	630	102	56
Reputación del Empleador	691	38	0
Relación Docente-Estudiante	168	415	167
Citas por Facultad	125	113	711
Internacionalización de las Facultades	264	480	148
Internacionalización de los Estudiantes	322	468	149

El análisis del Ranking QS 2017, tiene aproximadamente un 61% de varianza absorbida en los dos primeros ejes, asimismo, se observa que las distribuciones de las instituciones tienen una clara regularidad, en la que las instituciones ubicadas entre las posiciones 1 y 100 del ranking QS, es decir, I1, I2, ..., I100, están ubicadas por sobre la media de casi todas las variables (lado izquierdo del origen de coordenadas). A su vez, en la Figura 3 se evidencia la importancia de las variables *Reputación académica* y *Reputación del empleador* en la puntuación global de la institución (vectores cercanos). La representación le entrega una mayor importancia a *Reputación del empleador* que a la ponderación propia del ranking.

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

Por otra parte, las variables: *Citas por Facultad*, *Internacionalización de las Facultades e Internacionalización de los Estudiantes*, están muy correlacionados, destacándose con ello la mirada internacional que tienen las instituciones. Las variables *Reputación Académica* y *Reputación del Empleador*, están muy correlacionadas lo que está en sintonía dado que son instrumentos medidos a través de encuestas.

Estas variables que entre ellas están muy correlacionados, muestran un comportamiento diferente dado que al ver el ángulo de 45 grados que forman estos grupos denotan que no están relacionadas las encuestas de reputación con las variables propias de enseñanza, investigación y perspectiva internacional.

Es importante destacar que la respuesta de las instituciones medida por los vectores, las variables que capturan la mayor variabilidad son los estudiantes y facultades que las citas, dada la longitud de los vectores, por lo tanto, son más representativas que las citas.

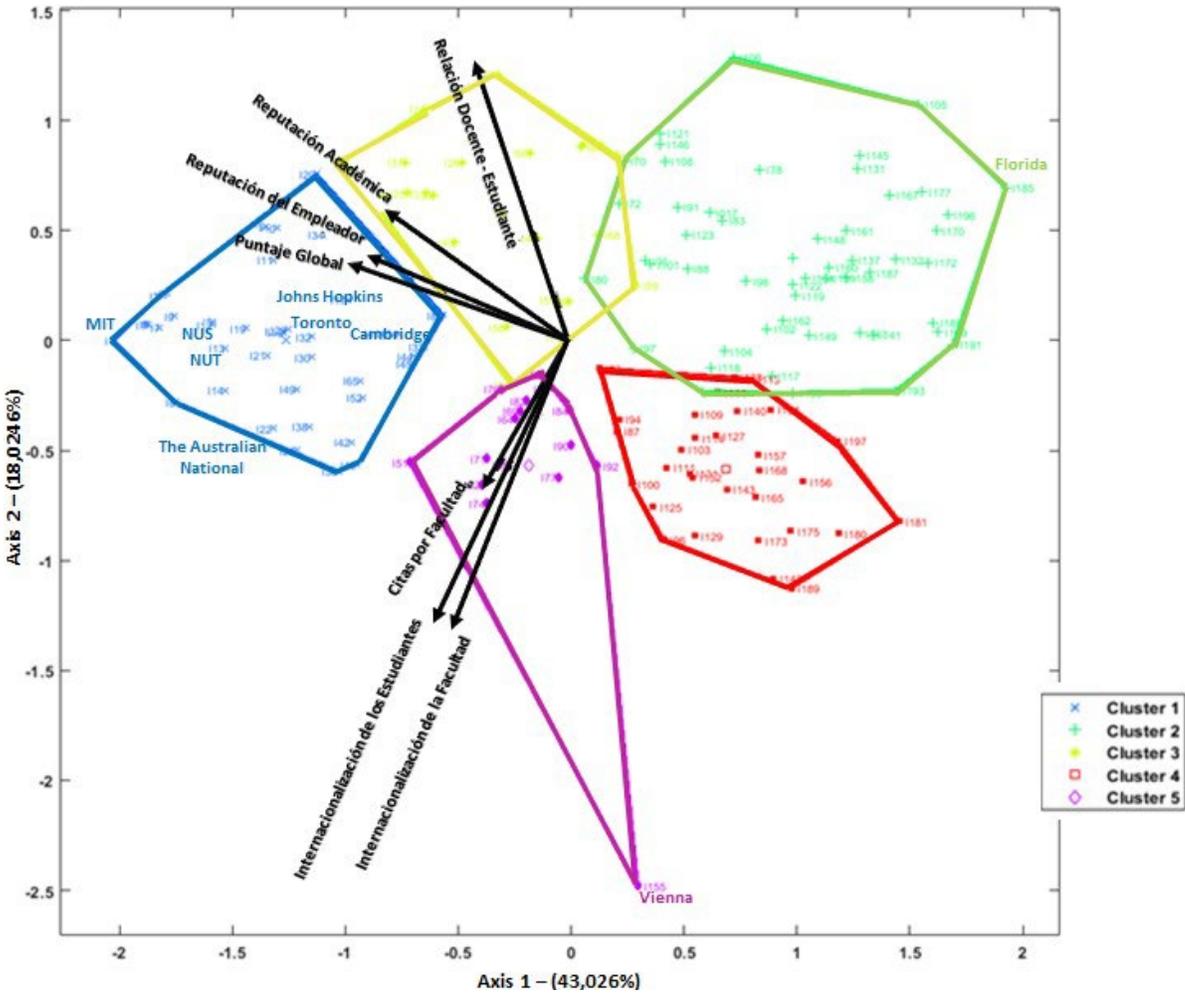


Figura 3. Resultados HJ- Biplot Ranking QS. Plano 1-2. Clúster Ranking QS

Dada la importancia que la literatura le otorga a la variable investigación, se evaluó el análisis de los componentes del plano 2-3. Aun cuando en la figura 4 la variable *citas por facultad* es la que absorbe mayor varianza, no termina siendo influyente en el posicionamiento de las universidades, ya que éstas siguen estando agrupadas hacia otras variables.

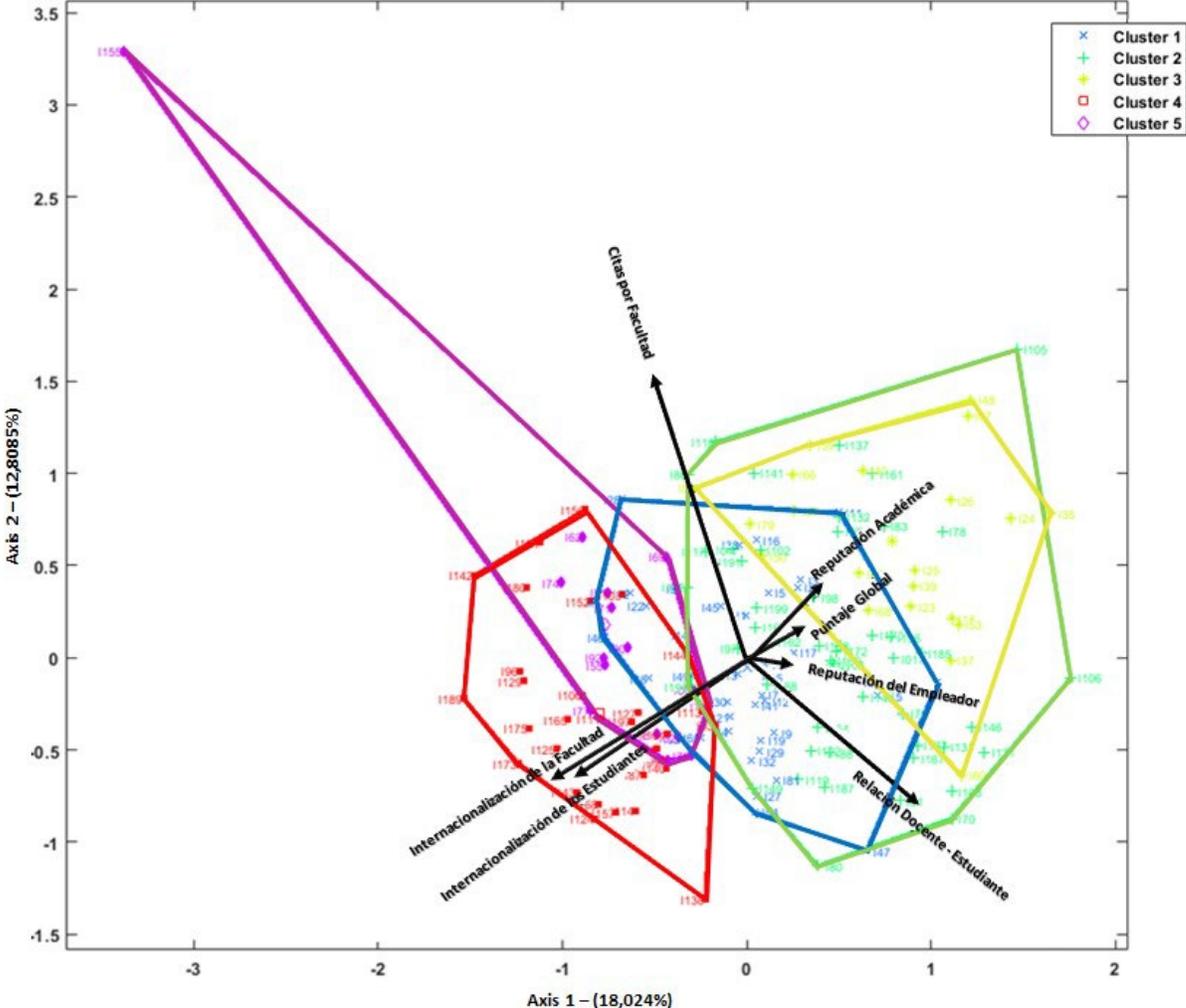


Figura 4. Resultados HJ- Biplot Ranking QS. Plano 2-3

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

En la Figura 3, se han determinado cinco clústeres para clasificar a las instituciones analizadas.

Las universidades situadas en la parte izquierda (color azul) presentan las mejores características en cuanto a las variables consideradas en este plano y que corresponden a *Reputación del empleador* y *Reputación Académica*. Siendo en total 41 universidades, el detalle se muestra en Tabla 13.

Tabla 13. Universidades Clúster 1

Cod	Institución	País
I1	Massachusetts Institute of Technology (MIT)	United States
I2	Stanford University	United States
I3	Harvard University	United States
I4	University of Cambridge	United Kingdom
I5	California Institute of Technology (Caltech)	United States
I6	University of Oxford	United Kingdom
I7	UCL (University College London)	United Kingdom
I8	ETH Zurich - Swiss Federal Institute of Technology	Switzerland
I9	Imperial College London	United Kingdom
I10	University of Chicago	United States
I11	Princeton University	United States
I12	National University of Singapore (NUS)	Singapore
I13	Nanyang Technological University, Singapore (NTU)	Singapore
I14	EPFL - Ecole Polytechnique Federale de Lausanne	Switzerland
I15	Yale University	United States
I16	Cornell University	United States
I17	Johns Hopkins University	United States
I19	The University of Edinburgh	United Kingdom
I20	Columbia University	United States
I21	King's College London	United Kingdom
I22	The Australian National University	Australia
I27	The University of Hong Kong	Hong Kong
I28	University of California, Berkeley (UCB)	United States
I29	The University of Manchester	United Kingdom
I30	McGill University	Canada
I32	University of Toronto	Canada
I33	Ecole normale supérieure, Paris	France

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

Cod	Institución	País
I34	The University of Tokyo	Japan
I36	The Hong Kong University of Science and Technology	Hong Kong
I38	London School of Economics and Political Science (LSE)	United Kingdom
I41	University of Bristol	United Kingdom
I42	The University of Melbourne	Australia
I44	The Chinese University of Hong Kong (CUHK)	Hong Kong
I45	University of British Columbia	Canada
I46	The University of Sydney	Australia
I47	New York University (NYU)	United States
I49	The University of New South Wales (UNSW Sydney)	Australia
I52	The University of Warwick	United Kingdom
I54	Ecole Polytechnique	France
I65	Monash University	Australia
I81	The University of Auckland	New Zealand

En el clúster situado en la parte derecha (color verde) hay un grupo importante de 51 instituciones siendo muy cercano al eje Y, relacionado con Docentes-Estudiantes, pero con bajos grados de internacionalización de estudiantes y facultades, además se encuentran por debajo de la media en *Puntaje global*, lo que es esperado.

El clúster situado en la parte derecha inferior (color rojo) tiene los más bajos rendimientos situados por debajo de la media de las variables *Reputación Académica* y *Reputación del Empleador* también en la variable Puntaje Global. En este clúster se encuentran 31 universidades, en Anexo II Detalle de Clúster Ranking QS, es posible ver la composición de todos los clústers señalados.

Por otra parte, la Tabla 14 muestra una ordenación en un ranking global sobre el eje X de las Universidades listadas en el Ranking QS.

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

Tabla 14. Instituciones del Ranking QS ordenadas en función de sus coordenadas en el eje X.

Row	Institución	Axis 1
I1	Massachusetts Institute of Technology (MIT)	-81,0
I4	University of Cambridge	-75,5
I6	University of Oxford	-74,9
I2	Stanford University	-73,1
I7	UCL (University College London)	-72,9
I3	Harvard University	-71,6
I9	Imperial College London	-70,3
I8	ETH Zurich - Swiss Federal Institute of Technology	-70,2
I5	California Institute of Technology (Caltech)	-63,6
I12	National University of Singapore (NUS)	-63,4
I14	EPFL - Ecole Polytechnique Federale de Lausanne	-61,3
I13	Nanyang Technological University, Singapore (NTU)	-61,3
I19	The University of Edinburgh	-57,5
I15	Yale University	-54,1
I21	King's College London	-53,8
I22	The Australian National University	-52,8
I11	Princeton University	-52,7
I10	University of Chicago	-52,2
I27	The University of Hong Kong	-51,2
I16	Cornell University	-50,9
I29	The University of Manchester	-50,2
I28	University of California, Berkeley (UCB)	-48,6
I49	The University of New South Wales (UNSW Sydney)	-48,6
I38	London School of Economics and Political Science (LSE)	-46,4
I30	McGill University	-46,0
I32	University of Toronto	-45,8
I20	Columbia University	-45,1
I34	The University of Tokyo	-43,5
I36	The Hong Kong University of Science and Technology	-41,2
I18	University of Pennsylvania	-40,4
I17	Johns Hopkins University	-39,7
I42	The University of Melbourne	-39,0
I46	The University of Sydney	-38,0
I65	Monash University	-37,4
I52	The University of Warwick	-36,9

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

Row	Institución	Axis 1
I47	New York University (NYU)	-35,3
I41	University of Bristol	-33,7
I23	University of Michigan	-32,9
I54	Ecole Polytechnique	-30,4
I37	Kyoto University	-29,5
I25	Duke University	-29,1
I51	The University of Queensland	-28,7
I45	University of British Columbia	-28,1
I44	The Chinese University of Hong Kong (CUHK)	-27,8
I33	Ecole normale supérieure, Paris	-25,9
I31	University of California, Los Angeles (UCLA)	-25,7
I24	Tsinghua University	-25,7
I39	Peking University	-24,3
I81	The University of Auckland	-22,6
I43	Fudan University	-20,6
I26	Northwestern University	-19,5
I62	Delft University of Technology	-15,9
I74	Durham University	-15,0
I71	Georgia Institute of Technology	-15,0
I35	Seoul National University	-13,1
I76	University of Nottingham	-12,4
I50	Brown University	-11,4
I55	City University of Hong Kong	-10,9
I58	Carnegie Mellon University	-10,6
I64	University of Glasgow	-9,9
I69	National Taiwan University (NTU)	-9,5
I82	University of Birmingham	-7,8
I60	Technical University of Munich	-7,3
I40	University of California, San Diego (UCSD)	-5,8
I73	Lund University	-5,2
I89	Boston University	-3,7
I57	University of Amsterdam	-2,6
I77	University of St Andrews	-2,2
I79	KU Leuven	-1,5
I66	University of Illinois at Urbana-Champaign	-0,4
I84	The University of Sheffield	-0,2

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

Row	Institución	Axis 1
I90	Rice University	-0,1
I67	University of Texas at Austin	1,6
I48	KAIST - Korea Advanced Institute of Science & Technology	2,2
I80	University of Zurich	2,5
I92	Purdue University	4,5
I68	Ludwig-Maximilians-Universität München	4,8
I93	University of Leeds	4,9
I53	University of Wisconsin-Madison	8,1
I87	University of Southampton	8,2
I72	Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg	8,5
I94	University of Alberta	8,5
I70	University of Copenhagen	9,4
I100	Trinity College Dublin, The University of Dublin	10,7
I97	KTH Royal Institute of Technology	11,2
I59	University of Washington	11,5
I155	University of Vienna	11,6
I95	Pennsylvania State University	13,2
I101	KIT, Karlsruhe Institute of Technology	14,1
I125	The University of Adelaide	14,6
I146	RWTH Aachen University	15,9
I121	Humboldt-Universität zu Berlin	16,0
I96	University of Geneva	16,4
I108	Lomonosov Moscow State University	16,8
I111	The Hong Kong Polytechnic University	16,9
I91	University of Helsinki	18,9
I103	The University of Western Australia	19,5
I123	Freie Universitaet Berlin	20,3
I88	The Ohio State University	20,6
I124	Queen Mary University of London	21,1
I152	University of Waterloo	21,5
I129	Lancaster University	21,9
I109	Technical University of Denmark	21,9
I114	University of Groningen	22,0
I86	University of California, Davis	23,3
I107	Washington University in St. Louis	24,5
I118	University of California, Santa Barbara (UCSB)	24,8

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

Row	Institución	Axis 1
I127	University of York	25,7
I144	Erasmus University Rotterdam	25,9
I83	Pohang University of Science and Technology (POSTECH)	26,9
I104	Utrecht University	27,1
I143	University of Aberdeen	27,7
I106	Sungkyunkwan University (SKKU)	28,8
I138	University of Lausanne	29,0
I140	Cardiff University	29,4
I98	Uppsala University	31,0
I113	University of Oslo	31,9
I165	The University of Exeter	32,6
I157	University of Liverpool	33,1
I173	Maastricht University	33,2
I168	Newcastle University	33,3
I78	University of North Carolina, Chapel Hill	33,4
I102	Leiden University	34,7
I154	Université catholique de Louvain (UCL)	35,4
I117	Aarhus University	35,5
I142	University of Basel	35,8
I162	Michigan State University	37,6
I175	University of Reading	38,9
I189	University of Sussex	39,1
I136	University of Southern California	39,3
I122	Eindhoven University of Technology	39,4
I119	Wageningen University	39,8
I156	University of California, Irvine	41,1
I164	Technische Universität Berlin (TU Berlin)	41,6
I149	McMaster University	42,1
I148	The Hebrew University of Jerusalem	43,7
I150	Emory University	45,3
I160	Universitat de Barcelona	45,7
I197	University of Calgary	47,3
I180	University of Twente	47,5
I158	Dartmouth College	48,7
I161	Texas A&M University	48,8
I137	University of Minnesota	49,8

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

Row	Institución	Axis 1
I131	Ghent University	50,8
I163	Albert-Ludwigs-Universitaet Freiburg	51,1
I145	University of Pittsburgh	51,2
I187	University of Rochester	53,0
I141	Université Pierre et Marie Curie (UPMC)	53,5
I167	Eberhard Karls Universität Tübingen	56,5
I132	University of Maryland, College Park	57,5
I193	University of Cape Town	57,6
I181	University of Bern	58,1
I105	University of Science and Technology of China	61,4
I177	University of Göttingen	62,2
I172	University of Virginia	63,3
I188	University of Illinois, Chicago (UIC)	64,2
I170	University of Colorado Boulder	64,8
I199	Vrije Universiteit Amsterdam	65,1
I196	Stockholm University	66,8
I191	Radboud University	67,8
I185	University of Florida	77,1

Para el caso del ranking THE, la información capturada en el HJ-Biplot para los dos primeros ejes se visualiza en la Tabla 15. Se retuvieron dos ejes pues se consiguió una inercia acumulada elevada, 73,08%, suficiente para caracterizar, con garantías, el posicionamiento de las universidades en el ranking QS respecto a todas las variables consideradas.

Tabla 15. Inercia para los dos primeros ejes Ranking THE.

Ejes	Valor Propio	Varianza Explicada	Varianza Acumulada
Eje 1	489.008	50.938	50.938
Eje2	212.601	22.146	73.084

El primer eje factorial retuvo la mayor cantidad de información, por tanto, el gradiente horizontal fue el más interesante a la hora de explicar la ordenación de las universidades según ese gradiente latente

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

multivariante. Atendiendo a las contribuciones del factor al elemento para las columnas, todas las variables pudieron interpretarse en el plano factorial 1-2 y mostraron una buena calidad de representación, las variables: Puntaje Global, Enseñanza Investigación y Citaciones recibieron alta contribución al eje 1, las variables: *Ingreso a la industria* y *Perspectiva Internacional*, están mejor representadas en el plano de los ejes 2-3.

La Tabla 16 recoge la contribución de cada eje factorial a la variabilidad de los diferentes indicadores del ranking.

Tabla 16. Contribución del factor latente a la variable observable - Ranking THE.

Contribución de columnas	Eje 1	Eje 2	Eje 3
Puntaje Global	981	15	4
Enseñanza	878	29	8
Investigación	902	12	4
Citaciones	258	392	19
Ingreso a la industria	29	472	332
Perspectiva Internacional	8	409	533

En el ranking THE en su versión 2017, con aproximadamente un 73% de la varianza absorbida entre la primera y segunda del componente principal, se observó la misma regularidad que en el ranking QS, donde la mayoría de las instituciones I1, I2, ..., I100, están ubicadas por sobre la media en cada variable.

En este caso la variable investigación es la más influyente en la puntuación total junto con la variable Enseñanza. Esto se muestra en la Figura 5.

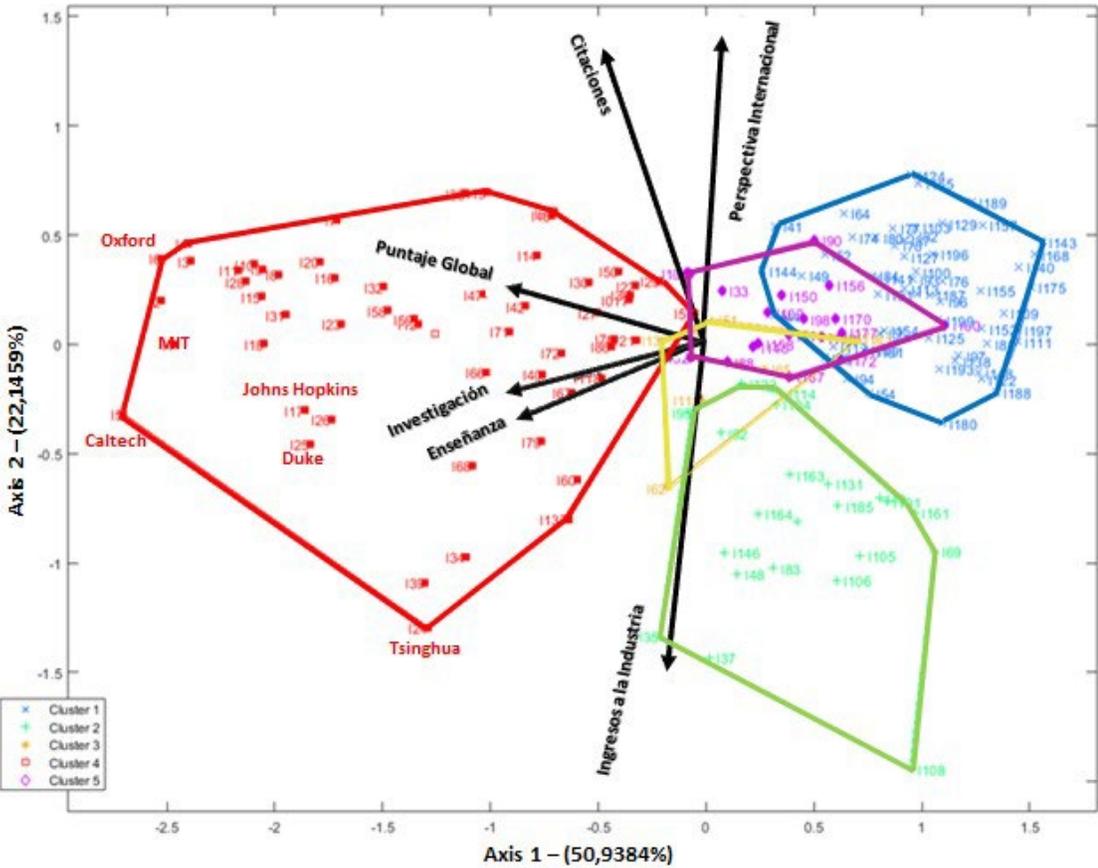


Figura 5. Resultados HJ- Biplot Ranking THE. Plano 1-2 - Clúster Ranking THE.

Por otra parte, las variables: *Citaciones* y *Perspectiva internacional* están correlacionadas directamente, respecto a la variable *Ingresos a la Industria* muestra que tiene una correlación muy fuerte e indirecta con la variable *Perspectiva Internacional*, siendo todas estas próximas al eje Y.

Respecto a las variables *Investigación* y *Enseñanza* ambas variables están fuertemente relacionada y próximas al Eje X

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

Estas variables, que entre ellas están muy correlacionados, muestran un comportamiento diferente dado que al ver el ángulo de 45 grados que forman estos grupos denotan que no están relacionadas las encuestas de reputación con las variables propias de enseñanza, investigación y perspectiva internacional.

Es importante destacar que la respuesta de las instituciones medida por los vectores, las variables que capturan la mayor variabilidad en el Ranking THE son *Ingresos a la Industria*, *Perspectiva Internacional* y *Citaciones* dada la longitud de los vectores, por lo tanto, son más representativas que las citas.

La Tabla 17 muestra una ordenación en un ranking global sobre el eje X de las Universidades listadas en el Ranking THE.

Tabla 17. Instituciones del Ranking THE ordenadas en función de sus coordenadas en el eje X

Row	Institución	Axis 1
I5	California Institute of Technology (Caltech)	-95,7
I2	Stanford University	-89,4
I6	University of Oxford	-89,4
I1	Massachusetts Institute of Technology (MIT)	-87,2
I4	University of Cambridge	-85,0
I3	Harvard University	-84,6
I11	Princeton University	-76,8
I28	University of California, Berkeley (UCB)	-75,6
I10	University of Chicago	-74,1
I15	Yale University	-73,0
I9	Imperial College London	-72,8
I18	University of Pennsylvania	-72,5
I8	ETH Zurich - Swiss Federal Institute of Technology	-70,3
I31	University of California, Los Angeles (UCLA)	-69,0
I17	Johns Hopkins University	-65,9
I25	Duke University	-65,1
I20	Columbia University	-63,4
I26	Northwestern University	-61,5
I16	Cornell University	-60,9
I7	UCL (University College London)	-60,6
I23	University of Michigan	-59,9

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

Row	Institución	Axis 1
I32	University of Toronto	-53,0
I58	Carnegie Mellon University	-52,3
I59	University of Washington	-48,0
I12	National University of Singapore (NUS)	-47,3
I39	Peking University	-46,2
I24	Tsinghua University	-45,7
I38	London School of Economics and Political Science (LSE)	-39,6
I34	The University of Tokyo	-39,5
I68	Ludwig-Maximilians-Universität München	-38,4
I47	New York University (NYU)	-36,5
I66	University of Illinois at Urbana-Champaign	-36,1
I19	The University of Edinburgh	-36,0
I71	Georgia Institute of Technology	-32,3
I42	The University of Melbourne	-29,6
I14	EPFL - Ecole Polytechnique Federale de Lausanne	-27,8
I53	University of Wisconsin-Madison	-27,2
I79	KU Leuven	-27,0
I40	University of California, San Diego (UCSD)	-26,8
I45	University of British Columbia	-25,4
I21	King's College London	-25,0
I72	Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg	-23,8
I137	University of Minnesota	-22,6
I67	University of Texas at Austin	-22,0
I60	Technical University of Munich	-21,2
I30	McGill University	-19,2
I27	The University of Hong Kong	-17,8
I118	University of California, Santa Barbara (UCSB)	-17,2
I86	University of California, Davis	-15,6
I78	University of North Carolina, Chapel Hill	-15,0
I50	Brown University	-14,4
I107	Washington University in St. Louis	-12,6
I36	The Hong Kong University of Science and Technology	-12,5
I22	The Australian National University	-11,5
I121	Humboldt-Universität zu Berlin	-11,5
I35	Seoul National University	-7,7
I29	The University of Manchester	-7,6

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

Row	Institución	Axis 1
I13	Nanyang Technological University, Singapore (NTU)	-7,3
I62	Delft University of Technology	-6,5
I89	Boston University	-3,1
I132	University of Maryland, College Park	-2,7
I136	University of Southern California	-2,6
I95	Pennsylvania State University	-2,4
I57	University of Amsterdam	-1,9
I119	Wageningen University	-0,7
I46	The University of Sydney	-0,5
I37	Kyoto University	0,5
I51	The University of Queensland	0,8
I92	Purdue University	2,4
I33	Ecole normale supérieure, Paris	2,6
I146	RWTH Aachen University	3,0
I88	The Ohio State University	3,4
I48	KAIST - Korea Advanced Institute of Science & Technology	5,1
I123	Freie Universitaet Berlin	5,8
I145	University of Pittsburgh	7,7
I164	Technische Universität Berlin (TU Berlin)	8,5
I158	Dartmouth College	8,5
I144	Erasmus University Rotterdam	9,2
I65	Monash University	9,5
I102	Leiden University	10,2
I83	Pohang University of Science and Technology (POSTECH)	11,0
I44	The Chinese University of Hong Kong (CUHK)	11,1
I41	University of Bristol	11,4
I104	Utrecht University	11,5
I114	University of Groningen	12,2
I150	Emory University	12,4
I167	Eberhard Karls Universität Tübingen	13,7
I91	University of Helsinki	13,7
I163	Albert-Ludwigs-Universitaet Freiburg	13,7
I49	The University of New South Wales (UNSW Sydney)	15,7
I98	Uppsala University	16,0
I90	Rice University	17,8
I162	Michigan State University	18,9

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

Row	Institución	Axis 1
I52	The University of Warwick	19,4
I73	Lund University	19,4
I131	Ghent University	20,0
I156	University of California, Irvine	20,2
I117	Aarhus University	20,8
I170	University of Colorado Boulder	21,2
I106	Sungkyunkwan University (SKKU)	21,3
I185	University of Florida	21,6
I172	University of Virginia	22,1
I177	University of Göttingen	22,3
I173	Maastricht University	22,4
I64	University of Glasgow	22,6
I94	University of Alberta	23,2
I74	Durham University	24,0
I142	University of Basel	24,7
I105	University of Science and Technology of China	25,2
I149	McMaster University	25,9
I181	University of Bern	26,7
I54	Ecole Polytechnique	26,7
I84	The University of Sheffield	27,3
I80	University of Zurich	27,9
I141	Université Pierre et Marie Curie (UPMC)	28,2
I191	Radboud University	28,2
I43	Fudan University	28,5
I55	City University of Hong Kong	28,6
I154	Université catholique de Louvain (UCL)	29,2
I101	KIT, Karlsruhe Institute of Technology	29,5
I77	University of St Andrews	30,7
I70	University of Copenhagen	31,0
I127	University of York	32,5
I113	University of Oslo	32,5
I87	University of Southampton	32,5
I108	Lomonosov Moscow State University	33,5
I124	Queen Mary University of London	33,5
I82	University of Birmingham	33,6
I93	University of Leeds	33,8

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

Row	Institución	Axis 1
I161	Texas A&M University	34,2
I103	The University of Western Australia	34,3
I100	Trinity College Dublin, The University of Dublin	34,4
I165	The University of Exeter	34,9
I125	The University of Adelaide	36,6
I187	University of Rochester	36,8
I196	Stockholm University	37,3
I69	National Taiwan University (NTU)	37,5
I199	Vrije Universiteit Amsterdam	38,2
I193	University of Cape Town	38,2
I96	University of Geneva	38,5
I129	Lancaster University	38,7
I76	University of Nottingham	38,7
I180	University of Twente	38,7
I160	Universitat de Barcelona	39,1
I138	University of Lausanne	40,9
I97	KTH Royal Institute of Technology	41,4
I189	University of Sussex	43,6
I148	The Hebrew University of Jerusalem	44,7
I155	University of Vienna	45,0
I122	Eindhoven University of Technology	45,1
I152	University of Waterloo	45,2
I157	University of Liverpool	45,3
I81	The University of Auckland	46,1
I188	University of Illinois, Chicago (UIC)	47,6
I109	Technical University of Denmark	48,8
I197	University of Calgary	51,0
I111	The Hong Kong Polytechnic University	51,0
I140	Cardiff University	51,4
I175	University of Reading	53,3
I168	Newcastle University	53,9
I143	University of Aberdeen	55,1

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

En la Figura 5, se han determinado cinco clústeres para clasificar a las instituciones analizadas.

Las universidades situadas en la parte izquierda (color rojo) presentan las mejores características en cuanto a las variables consideradas en este plano y que corresponden a *Puntaje Global, Investigación Enseñanza*. Siendo en total 57 universidades, en Tabla 18 se muestra el detalle:

Tabla 18. Detalle de Universidades Clúster 5

Cod	Clúster 4	País
I1	Massachusetts Institute of Technology (MIT)	United States
I2	Stanford University	United States
I3	Harvard University	United States
I4	University of Cambridge	United Kingdom
I5	California Institute of Technology (Caltech)	United States
I6	University of Oxford	United Kingdom
I7	UCL (University College London)	United Kingdom
I8	ETH Zurich - Swiss Federal Institute of Technology	Switzerland
I9	Imperial College London	United Kingdom
I10	University of Chicago	United States
I11	Princeton University	United States
I12	National University of Singapore (NUS)	Singapore
I14	EPFL - Ecole Polytechnique Federale de Lausanne	Switzerland
I15	Yale University	United States
I16	Cornell University	United States
I17	Johns Hopkins University	United States
I18	University of Pennsylvania	United States
I19	The University of Edinburgh	United Kingdom
I20	Columbia University	United States
I21	King's College London	United Kingdom
I22	The Australian National University	Australia
I23	University of Michigan	United States
I24	Tsinghua University	China
I25	Duke University	United States
I26	Northwestern University	United States
I27	The University of Hong Kong	Hong Kong

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

Cod	Clúster 4	País
I28	University of California, Berkeley (UCB)	United States
I29	The University of Manchester	United Kingdom
I30	McGill University	Canada
I31	University of California, Los Angeles (UCLA)	United States
I32	University of Toronto	Canada
I34	The University of Tokyo	Japan
I36	The Hong Kong University of Science and Technology	Hong Kong
I38	London School of Economics and Political Science (LSE)	United Kingdom
I39	Peking University	China
I40	University of California, San Diego (UCSD)	United States
I42	The University of Melbourne	Australia
I45	University of British Columbia	Canada
I47	New York University (NYU)	United States
I50	Brown University	United States
I53	University of Wisconsin-Madison	United States
I57	University of Amsterdam	Netherlands
I58	Carnegie Mellon University	United States
I59	University of Washington	United States
I60	Technical University of Munich	Germany
I66	University of Illinois at Urbana-Champaign	United States
I67	University of Texas at Austin	United States
I68	Ludwig-Maximilians-Universität München	Germany
I71	Georgia Institute of Technology	United States
I72	Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg	Germany
I78	University of North Carolina, Chapel Hill	United States
I79	KU Leuven	Belgium
I86	University of California, Davis	United States
I107	Washington University in St. Louis	United States
I118	University of California, Santa Barbara (UCSB)	United States
I121	Humboldt-Universität zu Berlin	Germany
I137	University of Minnesota	United States

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

En el clúster situado en la parte derecha (color azul) y también parte del clúster color Rosado, hay un grupo importante de 74 instituciones con bajo *Puntaje Global, Investigación y Enseñanza*. El detalle de clasificación de estas universidades se puede revisar en anexo II. Detalle de Clúster ranking THE.

Para el caso del ranking ARWU, la información capturada en el HJ-Biplot para los dos primeros ejes se visualiza en la Tabla 19. Se retuvieron dos ejes pues se consiguió una inercia acumulada elevada, 83,54%, suficiente para caracterizar, con garantías, el posicionamiento de las universidades en el ranking ARWU respecto a todas las variables consideradas.

Tabla 19. Inercia para los dos primeros ejes Ranking ARWU.

Ejes	Valor Propio	Varianza Explicada	Varianza Acumulada
Eje 1	737.805	68.923	68.923
Eje 2	151.106	14.624	83.547

El primer eje factorial retuvo la mayor cantidad de información, por tanto, el gradiente horizontal fue el más interesante a la hora de explicar la ordenación de las universidades según ese gradiente latente multivariante. Atendiendo a las contribuciones del factor al elemento para las columnas, todas las variables pudieron interpretarse en el plano factorial 1-2 y mostraron una buena calidad de representación

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

La Tabla 20 recoge la contribución de cada eje factorial a la variabilidad de los diferentes indicadores del ranking.

Tabla 20. Contribución del factor latente a la variable observable - Ranking ARWU

Contribución de columnas	Eje 1	Eje 2	Eje 3
Puntaje Global (Total Score)	842	0	0
Alumni	707	81	150
Award	761	104	10
HiCi	673	137	106
N&S	871	12	2
PUB	389	490	40
PCP	593	177	92

Se observa que todas las variables del ranking absorbieron un alto porcentaje de la varianza en los ejes uno y dos, por lo que todas las variables están bien representadas en estos ejes y, por tanto, no será necesario estudiar los planos dos y tres.

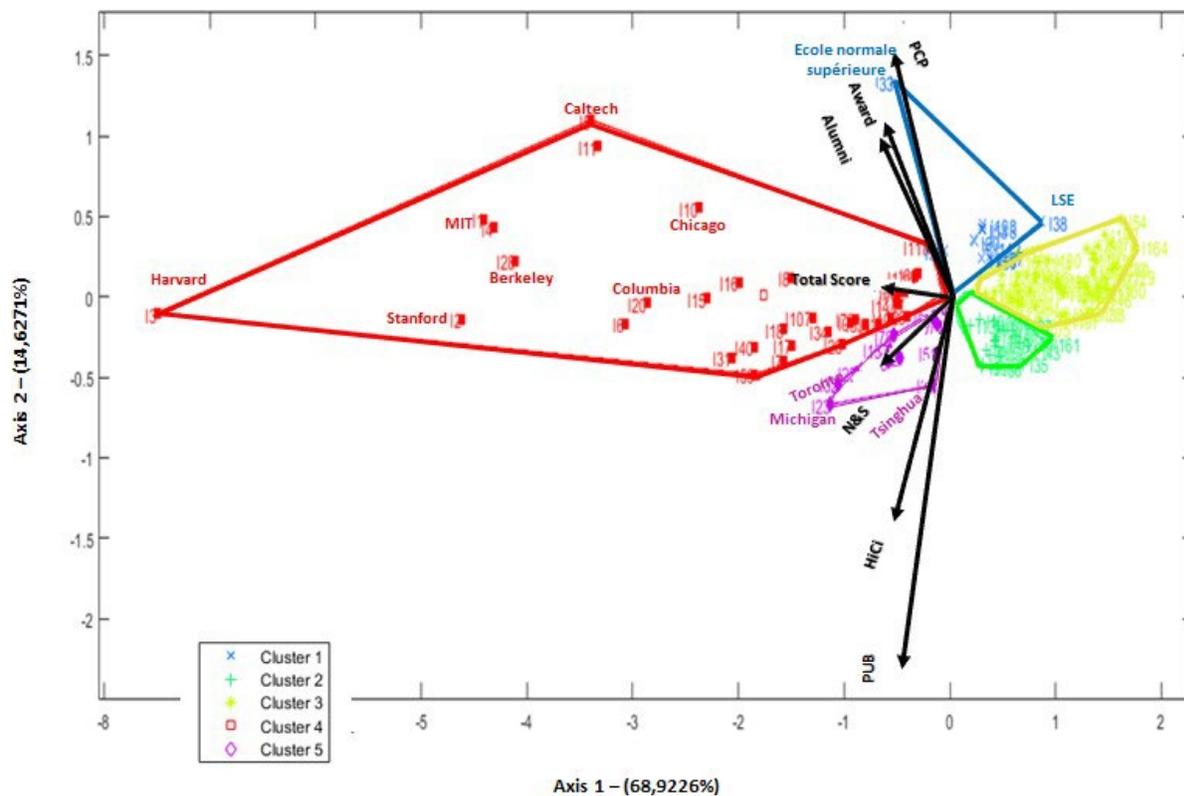


Figura 6. Resultados HJ- Biplot Ranking ARWU. Plano 1-2 - Clúster Ranking ARWU.

En el HJ-BIPLLOT de la Figura 6 se observa que más de un 83% de la varianza total se captura en los ejes uno y dos, es decir, los datos de las instituciones y las variables están muy bien representados en este plano.

Se observa que a pesar de que las variables N&S, HiCi, Award y PUB presentan las mismas ponderaciones para el puntaje total de la institución, como se muestra en Tabla 20, la variable N&S es la más influyente en el *Puntaje Global* de cada institución, ya que posee un vector cercano al vector del *Puntaje Global*. Por otra parte, las variables Alumni, Award y PCP, que representan *Egresados con premios Nobel y medallas Fields, Profesores con premios Nobel y medallas Fields y Rendimiento académico per cápita*, respectivamente, presentan gran relación directa, puesto que poseen vectores muy cercanos.

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

Por otra parte, la Tabla 21 muestra una ordenación en un ranking global sobre el eje X de las Universidades listadas en el Ranking ARWU.

Tabla 21. Instituciones Ranking ARWU ordenadas en función de sus coordenadas en el eje X

Row	Institución	Axis 1
I3	Harvard University	-315,415
I2	Stanford University	-194,251
I4	University of Cambridge	-181,475
I1	Massachusetts Institute of Technology (MIT)	-185,322
I28	University of California, Berkeley (UCB)	-172,984
I11	Princeton University	-140,207
I6	University of Oxford	-129,286
I20	Columbia University	-120,442
I5	California Institute of Technology (Caltech)	-142,708
I10	University of Chicago	-99,991
I15	Yale University	-96,676
I31	University of California, Los Angeles (UCLA)	-86,788
I59	University of Washington	-77,712
I16	Cornell University	-83,861
I40	University of California, San Diego (UCSD)	-77,848
I7	UCL (University College London)	-66,184
I18	University of Pennsylvania	-66,027
I17	Johns Hopkins University	-62,775
I8	ETH Zurich - Swiss Federal Institute of Technology	-63,334
I107	Washington University in St. Louis	-54,616
I26	Northwestern University	-42,74
I32	University of Toronto	-44,223
I34	The University of Tokyo	-48,248
I23	University of Michigan	-47,54
I25	Duke University	-37,037
I9	Imperial College London	-39,722
I53	University of Wisconsin-Madison	-33,676
I47	New York University (NYU)	-28,346
I70	University of Copenhagen	-37,59
I45	University of British Columbia	-24,482
I19	The University of Edinburgh	-23,393
I78	University of North Carolina, Chapel Hill	-22,342
I137	University of Minnesota	-23,789
I37	Kyoto University	-21,05
I66	University of Illinois at Urbana-Champaign	-20,582
I29	The University of Manchester	-17,286
I42	The University of Melbourne	-20,051
I141	Université Pierre et Marie Curie (UPMC)	-20,373
I72	Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg	-17,725

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

Row	Institución	Axis 1
I170	University of Colorado Boulder	-13,97
I118	University of California, Santa Barbara (UCSB)	-7,824
I21	King's College London	-6,71
I104	Utrecht University	-8,825
I24	Tsinghua University	-5,823
I60	Technical University of Munich	-12,663
I67	University of Texas at Austin	-5,135
I132	University of Maryland, College Park	-2,54
I136	University of Southern California	8,193
I51	The University of Queensland	-4,731
I91	University of Helsinki	-2,915
I68	Ludwig-Maximilians-Universität München	-6,284
I80	University of Zurich	1,938
I114	University of Groningen	0,68
I96	University of Geneva	-2,374
I41	University of Bristol	5,259
I113	University of Oslo	5,487
I98	Uppsala University	6,865
I156	University of California, Irvine	15,345
I117	Aarhus University	8,961
I149	McMaster University	10,358
I30	McGill University	3,19
I145	University of Pittsburgh	13,09
I33	Ecole normale supérieure, Paris	-22,194
I131	Ghent University	11,781
I39	Peking University	12,734
I144	Erasmus University Rotterdam	11,765
I90	Rice University	9,65
I196	Stockholm University	12,736
I14	EPFL - Ecole Polytechnique Federale de Lausanne	6,294
I92	Purdue University	17,199
I65	Monash University	15,761
I89	Boston University	17,548
I58	Carnegie Mellon University	12,807
I88	The Ohio State University	18,554
I46	The University of Sydney	14,608
I71	Georgia Institute of Technology	14,11
I95	Pennsylvania State University	18,032
I86	University of California, Davis	20,049
I102	Leiden University	14,413
I185	University of Florida	17,932
I79	KU Leuven	19,56
I12	National University of Singapore (NUS)	18,101
I103	The University of Western Australia	17,837
I108	Lomonosov Moscow State University	13,218

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

Row	Institución	Axis 1
I142	University of Basel	14,788
I177	University of Göttingen	16,048
I22	The Australian National University	20,798
I140	Cardiff University	27,703
I50	Brown University	16,455
I154	Université catholique de Louvain (UCL)	35,167
I150	Emory University	27,977
I43	Fudan University	33,687
I73	Lund University	28,473
I162	Michigan State University	26,42
I13	Nanyang Technological University, Singapore (NTU)	21,44
I191	Radboud University	20,47
I35	Seoul National University	28,848
I161	Texas A&M University	38,448
I148	The Hebrew University of Jerusalem	13,214
I125	The University of Adelaide	27,546
I64	University of Glasgow	33,877
I27	The University of Hong Kong	35,337
I49	The University of New South Wales (UNSW Sydney)	31,053
I84	The University of Sheffield	25,982
I94	University of Alberta	25,04
I57	University of Amsterdam	19,527
I181	University of Bern	13,142
I82	University of Birmingham	23,956
I163	Albert-Ludwigs-Universitaet Freiburg	25,316
I93	University of Leeds	21,794
I157	University of Liverpool	27,214
I76	University of Nottingham	24,67
I187	University of Rochester	30,95
I105	University of Science and Technology of China	34,62
I87	University of Southampton	30,568
I119	Wageningen University	31,734
I52	The University of Warwick	26,783
I199	Vrije Universiteit Amsterdam	18,604
I62	Delft University of Technology	43,611
I38	London School of Economics and Political Science (LSE)	36,685
I69	National Taiwan University (NTU)	44,324
I124	Queen Mary University of London	38,829
I109	Technical University of Denmark	42,687
I44	The Chinese University of Hong Kong (CUHK)	43,608
I197	University of Calgary	46,332
I100	Trinity College Dublin, The University of Dublin	39,081
I165	The University of Exeter	45,042
I138	University of Lausanne	45,393
I167	Eberhard Karls Universität Tübingen	34,469

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

Row	Institución	Axis 1
I155	University of Vienna	34,01
I172	University of Virginia	46,033
I55	City University of Hong Kong	55,324
I158	Dartmouth College	54,498
I74	Durham University	54,236
I101	KIT, Karlsruhe Institute of Technology	62,271
I48	KAIST - Korea Advanced Institute of Science & Technology	51,885
I97	KTH Royal Institute of Technology	56,816
I173	Maastricht University	59,374
I168	Newcastle University	56,268
I146	RWTH Aachen University	58,848
I106	Sungkyunkwan University (SKKU)	54,794
I111	The Hong Kong Polytechnic University	58,761
I36	The Hong Kong University of Science and Technology	56,785
I81	The University of Auckland	53,536
I175	University of Reading	57,077
I143	University of Aberdeen	58,374
I188	University of Illinois, Chicago (UIC)	56,394
I189	University of Sussex	61,589
I152	University of Waterloo	53,192
I127	University of York	61,795
I160	Universitat de Barcelona	64,789
I122	Eindhoven University of Technology	64,666
I129	Lancaster University	68,269
I83	Pohang University of Science and Technology (POSTECH)	58,883
I193	University of Cape Town	57,085
I77	University of St Andrews	64,208
I180	University of Twente	66,051
I54	Ecole Polytechnique	68,268
I164	Technische Universität Berlin (TU Berlin)	73,602

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

En la Figura 6, al igual que en los rankings QS y THE, se presentan cinco clústeres del ranking ARWU para clasificar a las instituciones analizadas.

Las universidades situadas en la parte izquierda (color rojo) presentan las mejores características en cuanto a las variables consideradas en este plano y que corresponden a *Puntaje Global (Total Score)*. Siendo en total 22 universidades, y apareciendo muy por sobre las demás instituciones Harvard University, en Tabla 22 se muestra el detalle de este clúster:

Tabla 22. Detalle de Universidades Clúster 4

Cod	Clúster 4	País
I3	Harvard University	United States
I2	Stanford University	United States
I4	University of Cambridge	United Kingdom
I1	Massachusetts Institute of Technology (MIT)	United States
I28	University of California, Berkeley (UCB)	United States
I11	Princeton University	United States
I6	University of Oxford	United Kingdom
I20	Columbia University	United States
I5	California Institute of Technology (Caltech)	United States
I10	University of Chicago	United States
I15	Yale University	United States
I16	Cornell University	United States
I8	ETH Zurich - Swiss Federal Institute of Technology	Switzerland
I107	Washington University in St. Louis	United States
I66	University of Illinois at Urbana-Champaign	United States
I72	Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg	Germany
I170	University of Colorado Boulder	United States
I118	University of California, Santa Barbara (UCSB)	United States
I104	Utrecht University	Netherlands
I160	Universitat de Barcelona	Spain
I91	University of Helsinki	Finland
I68	Ludwig-Maximilians-Universität München	Germany

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

Por otra parte, el clúster rosado (clúster 5) presenta solo instituciones agrupadas en torno a las variables *HiCi* y *N&S* las que corresponden, respectivamente, a los indicadores sobre investigadores con alto índice de citas y artículos publicados en *Nature & Science*. En total hay 28 instituciones en este clúster, el detalle se muestra en Tabla 23.

Tabla 23. Detalle de Universidades Clúster 5

Cod	clúster 5
I31	University of California, Los Angeles (UCLA)
I59	University of Washington
I40	University of California, San Diego (UCSD)
I7	UCL (University College London)
I18	University of Pennsylvania
I17	Johns Hopkins University
I26	Northwestern University
I32	University of Toronto
I34	The University of Tokyo
I23	University of Michigan
I25	Duke University
I9	Imperial College London
I53	University of Wisconsin-Madison
I47	New York University (NYU)
I70	University of Copenhagen
I45	University of British Columbia
I19	The University of Edinburgh
I78	University of North Carolina, Chapel Hill
I137	University of Minnesota
I37	Kyoto University
I29	The University of Manchester
I42	The University of Melbourne
I141	Université Pierre et Marie Curie (UPMC)
I21	King's College London
I24	Tsinghua University
I67	University of Texas at Austin
I132	University of Maryland, College Park
I51	The University of Queensland

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

Las universidades situadas en la parte derecha (clúster verde claro y clúster color amarillo) (clúster 3 y 2) son los que presentan las menores características en cuanto a las variables consideradas en este plano.

Siendo en total 95 universidades, el detalle de todos los clústeres se muestra en Anexo IV. Detalle de Clústeres Ranking ARWU.

6.4. Las universidades latinoamericanas en los rankings internacionales de universidades

Para el desarrollo de esta parte de la investigación se seleccionaron los tres rankings internacionales de mayor notoriedad: QS, THE y ARWU. La fuente empleada para el diseño de las bases de datos fueron las páginas web de los respectivos rankings. En los tres sistemas de clasificación mencionados se extrajeron los rankings internacionales. En el caso de los rankings QS y THE, se extrajeron, además, los rankings regionales.

Asimismo, se recogieron los valores de todas las variables empleadas en los tres rankings del año 2020, tanto en los niveles regionales como internacionales, y se realizó una separación por país, en los sistemas regionales, y una separación por región latinoamericana y demás regiones del globo.

A partir de los datos QS y THE, se realizó un análisis en la visualización HJ-Biplot. Para la edición regional correspondiente a Latinoamérica, centrada en el posicionamiento de los países de dicha región, se utilizaron dos miradas: una que evidencia la relevancia en la cantidad de universidades participantes por país en los sistemas de clasificación mencionados. La otra mirada se centra en la clasificación individual que poseen las universidades para el posicionamiento de su país en el ranking analizado.

Por otra parte, para los rankings QS, THE y ARWU en sus ediciones internacionales, se construyeron y analizaron los HJ-Biplot. Para cada sistema de clasificación, fueron visualizadas todas las universidades participantes, destacando las universidades de Latinoamérica.

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

Para las representaciones gráfica y dos dimensionales de datos multivariantes, se utilizó el software MultBiplot¹. A modo de aclaración, si bien el *Puntaje Total* de los sistemas de clasificación no es un indicador propiamente tal, ya que se construye a partir de los otros indicadores de cada sistema, se consideró en el análisis para provocar una segregación gráfica más visible y así, analizar su correlación con los distintos indicadores que lo componen.

Universidades latinoamericanas en los Rankings Internacionales

El lugar de las universidades latinoamericanas en los rankings universitarios ha estado segmentado por el uso de distintas metodologías de medición. En efecto, dependiendo, tanto de la información que se disponga para hacer el ranking como de los criterios utilizados, la posición que han logrado las universidades latinoamericanas ha dependido de los distintos indicadores usados al momento de medir la calidad de cada institución. En consecuencia, los fuertes contrastes que han evidenciado las instituciones, a la hora de representar su lugar, han sido interpretados como un factor vinculado a la metodología empleada –lo que no escapa a lo comentado en las secciones anteriores– y a las distintas características que se han desplegado a lo largo de la propia historia de cada universidad.

En el caso de América Latina, se ha planteado que: “más importante que tener los indicadores de las World-Class Universities (...) es garantizar que existan buenas escuelas de medicina y buenos programas de formación de ingenieros agrónomos y educadores para garantizar un nivel adecuado de capital humano y social” (López- Segrera, 2008, p. 274). En una perspectiva similar, (Guaglianone, 2018) ha señalado que la introducción de las universidades latinoamericanas en los rankings internacionales,

¹ VICENTE VILLARDÓN, J.L. (2015). MULTBILOT: A package for Multivariate Analysis using Biplots. Departamento de Estadística. Universidad de Salamanca. (<http://biplot.usal.es/ClassicalBiplot/index.html>).

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

genera una hegemonía del modelo de universidad destinada a la investigación, colocando a una gran cantidad de instituciones de esta parte del mundo, en una situación de marginalidad.

En relación con lo anterior, las directrices entregadas por la comisión Fullbright para América Latina y Unesco (2006) han definido que las políticas educativas en los países latinoamericanos deberían avanzar, en las próximas décadas, hacia las denominadas sociedades del conocimiento, pues la región debería alcanzar un mínimo de 60% de su población con acceso a la educación superior. Por ende, se podría materializar el ideal de masificación de la enseñanza universitaria (Brunner, 2000).

La masificación de la educación universitaria en América Latina se encuentra relacionada con una tendencia a la ampliación de la educación terciaria, que se inició posterior a la Segunda Guerra Mundial en Europa. Así, fue Inglaterra el país pionero en la expansión de la matrícula en la educación superior, a través de la creación de universidades de carácter híbrido (público-privado). En el caso latinoamericano, “la tasa bruta de matrícula promedio ha pasado del 17% a principios de los 90s a cerca del 32% en la actualidad” (López- Segrera, 2008,p.26).

Antecedentes de las universidades latinoamericanas

Las universidades de América Latina se crearon a partir de la administración colonial española y ganaron fuerza con los movimientos de independencia a principios del siglo XIX. A diferencia del modelo humboldtiano de universidad centrado en la investigación, durante el siglo XIX las universidades en la región se configuraron en torno al modelo napoleónico de educación superior, “basado en carreras profesionales y articuladas a los interés de la iglesia y las clases altas de la sociedad” (Guaglianone, 2018, p. 9).

A lo largo del siglo XX, las universidades en Latinoamérica han transitado desde el denominado modelo de Torre de Marfil, caracterizado por la formación de élites, a un modelo masificado de

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

universalización de la educación terciaria. En efecto, como antecedente histórico al proceso de universalización de la educación superior en la región, se ha usado como ejemplo el proyecto universitario planteado por la Universidad de Córdoba en 1918. Esta es la primera institución latinoamericana que propuso la democratización en el acceso a la educación universitaria, junto con la autonomía y el cogobierno (de Proença- Lopes, 2008).

Si bien la universidad en Latinoamérica hunde sus raíces en la colonia y el posterior proceso de formación de los primeros estados nacionales, los antecedentes que se poseen en la región, con respecto a la realización de rankings de medición de universidades, son más bien recientes y se encuentran en ciertos periódicos y revistas. En el caso de México, se realizaron mediciones de universidades por la revista *Selecciones* y los diarios *Reforma* y *Universal*. Para el caso de Chile, las primeras mediciones de universidades del país las realizaron el periódico *El Mercurio* y la revista *América Economía*. Junto a la creación de rankings en los periódicos, se han destacado las clasificaciones creadas por la fundación Universia. En relación con los rankings centrados sólo en la investigación, desde 2009, QS y SCImago crearon sus propias versiones para medir la calidad investigativa de las universidades latinoamericanas.

En las primeras versiones del ranking ARWU, las universidades que figuraron en el listado fueron las instituciones de Chile, México, Argentina y Brasil. En el caso específico de la Universidad de Buenos Aires (UBA), su figuración en el ranking de Shanghai se relacionó con que fue el *alma mater* de los tres premios Nobel de ciencias que tuvo Argentina (Houssay, Milstein y Leloir). En cuanto a la Universidad Autónoma de México, esta apareció en el ranking al contar con el premio nobel de Química, Mario Molina (1943-2020). Sin embargo, en versiones posteriores del ranking ARWU, la universidad mexicana ha descendido fuertemente su posición en esta clasificación, lo que ha sido interpretado como un problema en la metodología del ranking, ya que es poco factible que una institución pueda descender tan aceleradamente en un lapso tan corto de tiempo (Piscoya, 2007).

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

En el 2020, de acuerdo con el rankings QS, parte de las 100 mejores universidades de la región se encontraron en Chile, con 15 instituciones, Brasil con 27, México con 16, Colombia con 11 y Argentina con 12 (QS, *Las 100 Mejores Universidades de América Latina En 2020 Revista NUVE*, 2020).

En el caso del ranking THE en su versión 2020, las universidades latinoamericanas recién aparecen desde la posición 201-250 (Universidad de São Paulo). Luego, en el rango de posición entre 401-450 aparecen la Universidad del Desarrollo (Chile) y la Pontificia Universidad Javierana (Colombia). En posiciones más alejadas de los primeros lugares, se presentan la Universidad Cayetano Heredia (Perú) y la Universidad de Costa Rica, en el rango de posición 501-600. Por último, las universidades Nacional del Litoral (Argentina) y la Universidad de los Andes (Venezuela) figuran sobre la posición 1001. Bolivia se encuentra sin información (*World University Rankings 2021 | Times Higher Education (THE)*, 2021).

Finalmente, en el caso del ranking SClmago versión 2020 para la región iberoamericana, la Universidad de Sao Paulo coincide en liderar el ranking. Le sigue la Universidad Nacional Autónoma de México, que se encuentra en el puesto 3, la Universidad de Buenos Aires emerge en el puesto 17, la Universidad de Chile en el puesto 19 y Pontificia Universidad Católica de Chile en el puesto 25. Sucesivamente, la Universidad Nacional de Colombia se encontró en el puesto 32, en el lugar 77 se localizó la Universidad de Puerto Rico, y en el puesto 81 la Universidad de los Andes de Colombia (De-Moya-Anegón et al., 2021).

Las universidades peruanas en los rankings

En el caso de las universidades peruanas, en las últimas décadas han tenido un bajo posicionamiento en los rankings internacionales. De hecho, en el ranking de *América Economía*, creado para medir las universidades iberoamericanas, presentó durante los años 2015-2016 solo tres

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

universidades peruanas: Universidad Nacional de San Marco, Universidad Nacional Agraria de Molina y la Universidad Nacional de Ingeniería.

Hacia el año 2016, las universidades peruanas no figuraban en los rankings ARWU y THE, pero sí en QS y SCImago. Si bien la explicación a esta falta de figuración de las universidades peruanas en ciertos rankings internacionales se debe, en parte, a las distintas metodologías y variables empleadas para medir el desempeño de las instituciones universitarias, el sistema universitario peruano posee particularidades nacionales que merecen ser evidenciadas y analizadas.

En primer lugar, Salazar (2015) y Piscocya (2007) han indicado que Perú se encuentra en una fase inicial de supervisión en la educación superior universitaria, puesto que, previo al año 2006, no existía legislación estatal que regulara el crecimiento y la calidad de la educación impartida por las instituciones universitarias, ni se tenía conocimiento de cuántos institutos y universidades habían sido creados en el país.

Además, se puntualiza que: “el perfil factual del sistema universitario peruano presenta como característica dominante un incremento notable de su cobertura durante los últimos 16 años, intervalo dentro del cual se han creado 34 nuevas universidades y decenas de institutos” (Piscocya, 2007,p.16). En efecto, según las cifras recabadas, durante las últimas décadas hubo una expansión desregulada de las instituciones de enseñanza terciaria, sin existir un marco regulatorio que fijara estándares mínimos de calidad.

Asimismo, según los autores, las perspectivas y visiones políticas respecto a la educación terciaria en Perú en los últimos años, han confundido la supuesta autonomía y libertad institucional, con la falta de regulación e imposición de estándares de calidad mínimos, dejando desprotegidos a los estudiantes

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

de los posibles abusos que pudieran cometer las instituciones. Cabe destacar que Perú, hacia 2006, era uno de los pocos países de Sudamérica que carecía de una ley de acreditación.

Junto con la falta de regulación jurídica del desempeño de las instituciones de educación terciaria, la desvinculación del Estado en relación con las universidades ha mermado el acceso de estas últimas a subsidios y fondos gubernamentales que permitirían elevar la capacidad investigativa de las universidades (Dávila, 2018b).

Además, Piscocya ha postulado que el ideal de autonomía y libertad, basado en la ideología instaurada por el modelo de Córdova y, en el que se han basado ciertas universidades peruanas, ha sido instrumentalizado por movimientos políticos subversivos en aras de legitimar proyectos políticos, desgarrando la gobernabilidad interior de las instituciones. En este sentido, el caso más dramático de la incubación de factores exógenos al funcionamiento propio de la universidad fue lo ocurrido en la Universidad de San Cristóbal de Huamanga, en relación con el nacimiento de Sendero Luminoso.

Por otro lado, en el caso peruano, las mediciones basadas en rankings se encuentran sujetas a la propia información que entregan las instituciones. Al respecto, durante el año 2016, la Universidad de Lima y ESAN decidieron no participar del ranking creado por *América Economía*, y no enviaron la información solicitada (Salazar, 2015). Este hecho significó un duro revés para la validez de los rankings universitarios, ya que ambas instituciones poseían una larga trayectoria e influencia al interior del país.

Universidades latinoamericanas - Visión Regional

A partir de las versiones latinoamericanas de los rankings QS y THE, se consideraron todas las instituciones agrupadas por países, sin considerar sus posiciones en los sistemas de clasificación, pero manteniendo sus puntajes por indicadores y ponderación total –esta última es la que define la posición de la institución–. Ante estas agrupaciones, se le asignó a cada país un puntaje en cada indicador y en el

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

ponderado total, a partir de la suma y ponderación de puntajes que obtuvieron todas sus instituciones en el sistema de clasificación respectivo. Esto para lograr una mirada gráfica y general, que nos indique qué país estaría mejor posicionado, según estas clasificaciones, frente a cada indicador y puntaje total.

Se debe considerar que, según la metodología del análisis, estos países se posicionan en los HJ-Biplot, tanto por la cantidad de instituciones que figuran en los rankings como por la puntuación que tiene cada una de ellas. En las Tablas 24 y 25, se presenta la cantidad de instituciones participantes en los sistemas de clasificación QS y THE, respectivamente. En ellas, se explica la predominancia de ciertas naciones a nivel latinoamericano, situación que no es ajena al panorama internacional. De hecho, algunos países se ven potenciados en los sistemas de clasificación, dada la cantidad de instituciones que participan en ellos, pero no necesariamente por tener buenos indicadores. Se favorece así, a países de mayor envergadura y con mayores recursos destinados a la *Investigación*, siendo esta variable la más correlacionada con el *Puntaje Total* en el ranking THE. En el caso del ranking QS, *Reputación* es la variable más correlacionada con Puntaje Total.

Tabla 24. Cantidad de instituciones por País en rankings QS latinoamericanos.

País	Cantidad de Instituciones en ranking	Ratio Puntaje QS v/s #webometrics
Argentina	43	29,86%
Bolivia	5	8,62%
Brasil	94	6,97%
Chile	40	28,17%
Colombia	57	19,39%
Costa Rica	6	9,09%
Cuba	7	22,58%
Ecuador	15	23,08%
El Salvador	6	15,38%
Guatemala	4	18,18%

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

País	Cantidad de Instituciones en ranking	Ratio Puntaje QS v/s #webometrics
Honduras	3	18,75%
México	59	4,71%
Nicaragua	3	6,12%
Panamá	7	24,14%
Paraguay	5	12,50%
Perú	20	14,71%
Puerto Rico	4	10,81%
República Dominicana	9	13,85%
Uruguay	4	9,30%
Venezuela	9	13,85%

Tabla 25. Cantidad de instituciones por País en rankings THE latinoamericanos.

País	Cantidad de Instituciones en ranking	Ratio Puntaje THE v/s #webometrics
Argentina	8	5,56%
Brasil	61	4,52%
Chile	30	21,13%
Colombia	23	7,82%
Costa Rica	1	1,52%
Cuba	1	3,23%
Ecuador	9	13,85%
Jamaica	1	4,35%
México	22	1,76%
Perú	6	4,41%
Puerto Rico	1	2,70%
Uruguay	1	2,33%
Venezuela	2	3,08%

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

En la Figura 7, el HJ-Biplot absorbe más del 99% de la varianza total de los datos, es decir, la gráfica representa de buena manera la distribución de países para los indicadores generados. En esta representación, se consideró la suma, por indicador, de todas las instituciones de cada nación que participa en el ranking THE latinoamericano, asignándole así, indicadores a los países participantes.

Se visualiza una clara ventaja de Brasil en el eje respectivo a *Puntaje total (Overall)*, frente a otros países latinoamericanos, los cuales, en su gran mayoría, se encuentran debajo de la media de la región. Solo logran destacar países como Brasil, Chile, México, Colombia y Argentina. Además, se representa una correlación importante entre el *Puntaje total* con el indicador *Investigación*. Se destaca a Chile con gran puntuación, a nivel país, en el indicador de *Perspectiva internacional*.

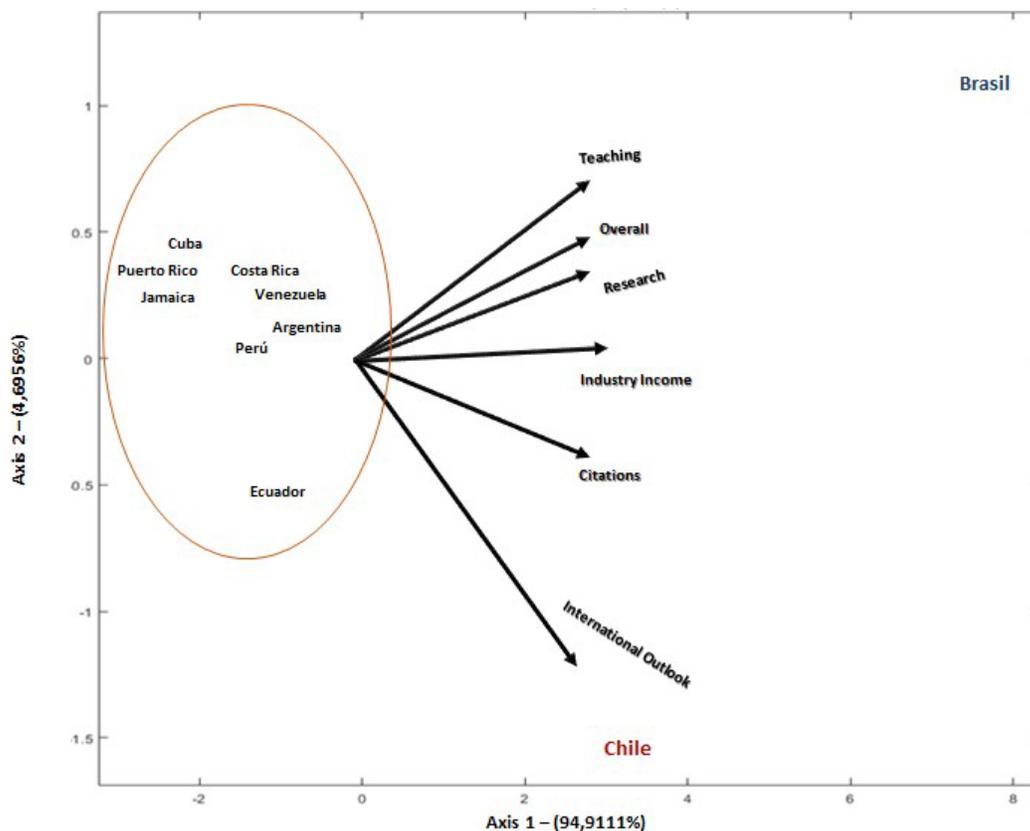


Figura 7. HJ-Biplot Ranking THE 2020 Latino Sumados (99.6%)

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

En la Figura 8, el HJ-Biplot Ranking QS 2020 absorbe más del 98% de la varianza total de los datos, es decir, la gráfica representa de buena manera la distribución de países para los indicadores generados.

En esta representación se consideró la suma, por indicador, de todas las instituciones de cada nación que participa en el ranking QS latinoamericano, asignándole así, indicadores a los países participantes.

Al igual que en el ranking THE, se visualiza una clara ventaja, a nivel general, de Brasil frente a los demás países latinoamericanos, de los que se destaca la participación de Colombia, Argentina, México y Chile. A diferencia del ranking THE, en la figura 11, se observan altas correlaciones de los indicadores relacionados a *Reputación académica* y *Reputación del empleador*, con respecto al puntaje total que obtienen los países en esta visualización.

Esto concuerda con la metodología usada en el ranking QS latinoamericano, ya que los indicadores corresponden a un 50% de la ponderación total del ranking. Nuevamente, puede destacarse Chile en la *Perspectiva internacional*.

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

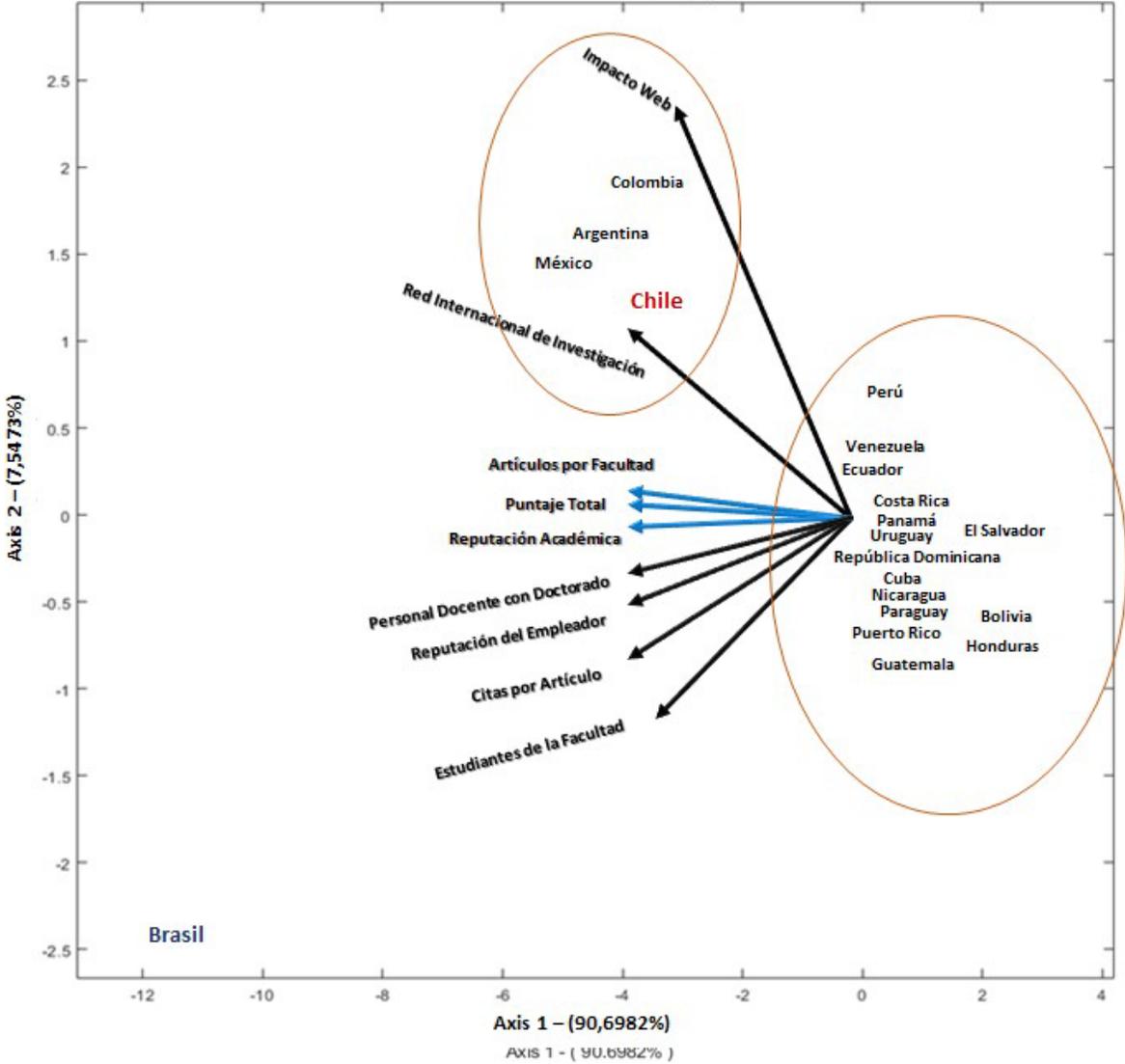


Figura 8. HJ-Biplot Ranking QS 2020 Latino Sumados (98%)

En la Figura 9, el HJ-Biplot absorbe más del 73% de la varianza total de los datos, es decir, la gráfica representa de buena manera la distribución de países para los indicadores generados. En esta representación se consideró el promedio, por indicador, de todas las instituciones de cada nación que participa en el ranking THE latinoamericano, asignándole así, indicadores a los países participantes.

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

En las representaciones, se presenta una redistribución de ciertas naciones en el plano general, pero marcando aún la predominancia de países como Brasil y Argentina. Se destaca un reposicionamiento notablemente positivo para Cuba, Jamaica y Costa Rica, países que, al tener pocas instituciones participantes en estos sistemas de clasificación, a nivel general no figuran con un buen ranking, pero al nivel individual de instituciones, sí lo hacen. Chile, en este caso, se encuentra bastante cercano a la media de los datos del ranking, nuevamente, con una aproximación positiva hacia la *Perspectiva internacional*.

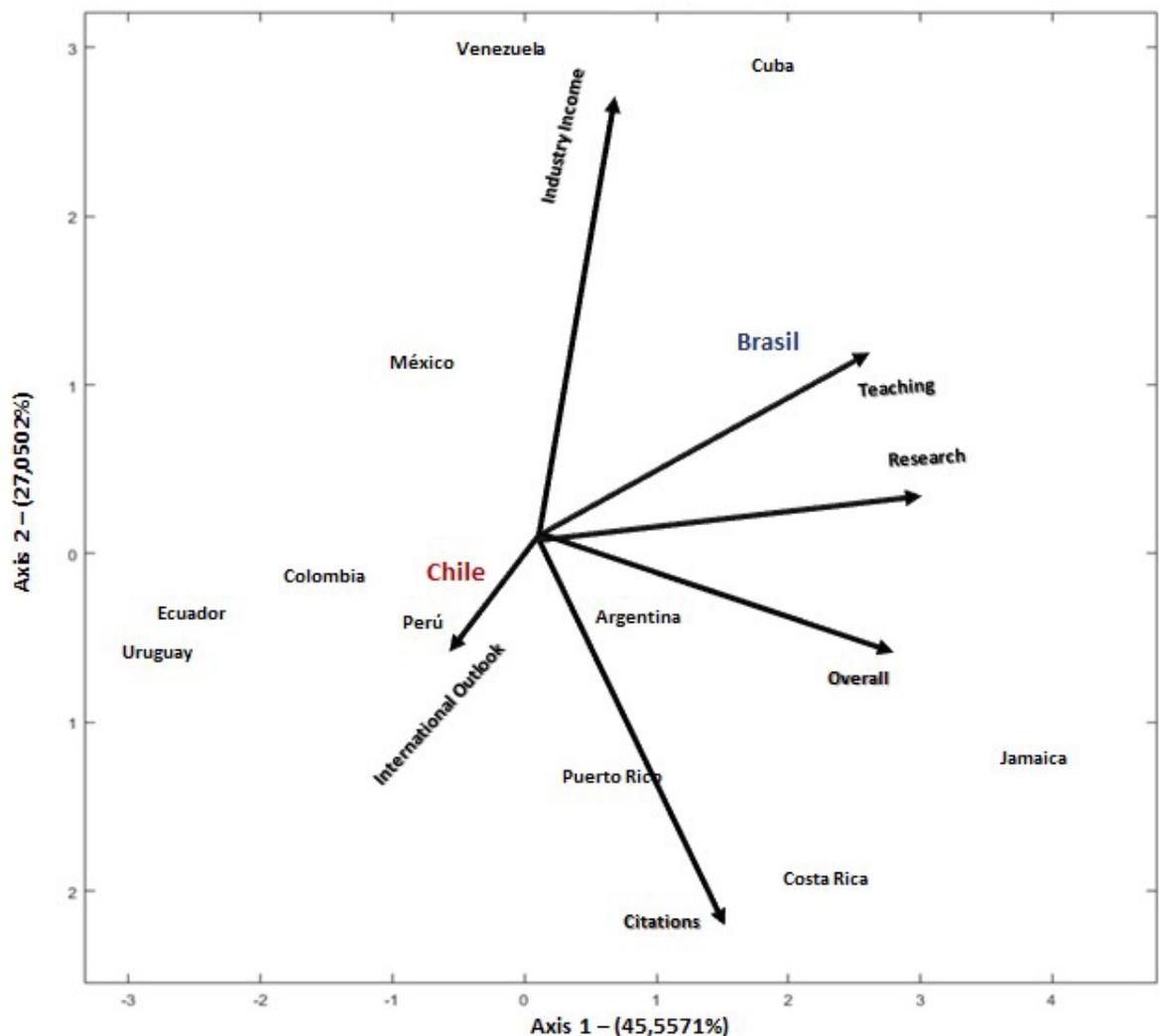


Figura 9. HJ-Biplot Ranking THE 2020 Latino promediados (73%)

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

En la Figura 10, el HJ-Biplot presenta más del 73% de la varianza total de los datos absorbida, es decir, la gráfica representa de buena manera la distribución de países para los indicadores generados. En esta representación se consideró el promedio, por indicador, de todas las instituciones de cada nación que participa en el ranking QS latinoamericano, asignándole así, indicadores a los países participantes.

En este caso se evidencia un claro liderazgo de Chile en el *Puntaje total*, esto debido a que posee dos instituciones en el top 10 del sistema de clasificación a nivel de la región. Además, una de estas instituciones es la líder regional, por cuarto año consecutivo.

Al igual que en el ranking THE, bajo este método de visualización de promedios, Costa Rica y Cuba presentan un reposicionamiento positivo respecto a las medias, debido a la cantidad de instituciones participantes en el sistema de clasificación, liderando junto a Colombia, Venezuela, México, Argentina y Chile, en los indicadores de *Puntaje total* e *Internacionalización de redes de investigación*. De cierta manera, se desplaza a Brasil, el que presenta un gran liderazgo en la *Reputación académica*, siendo este indicador el 30% del puntaje total de la clasificación.

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

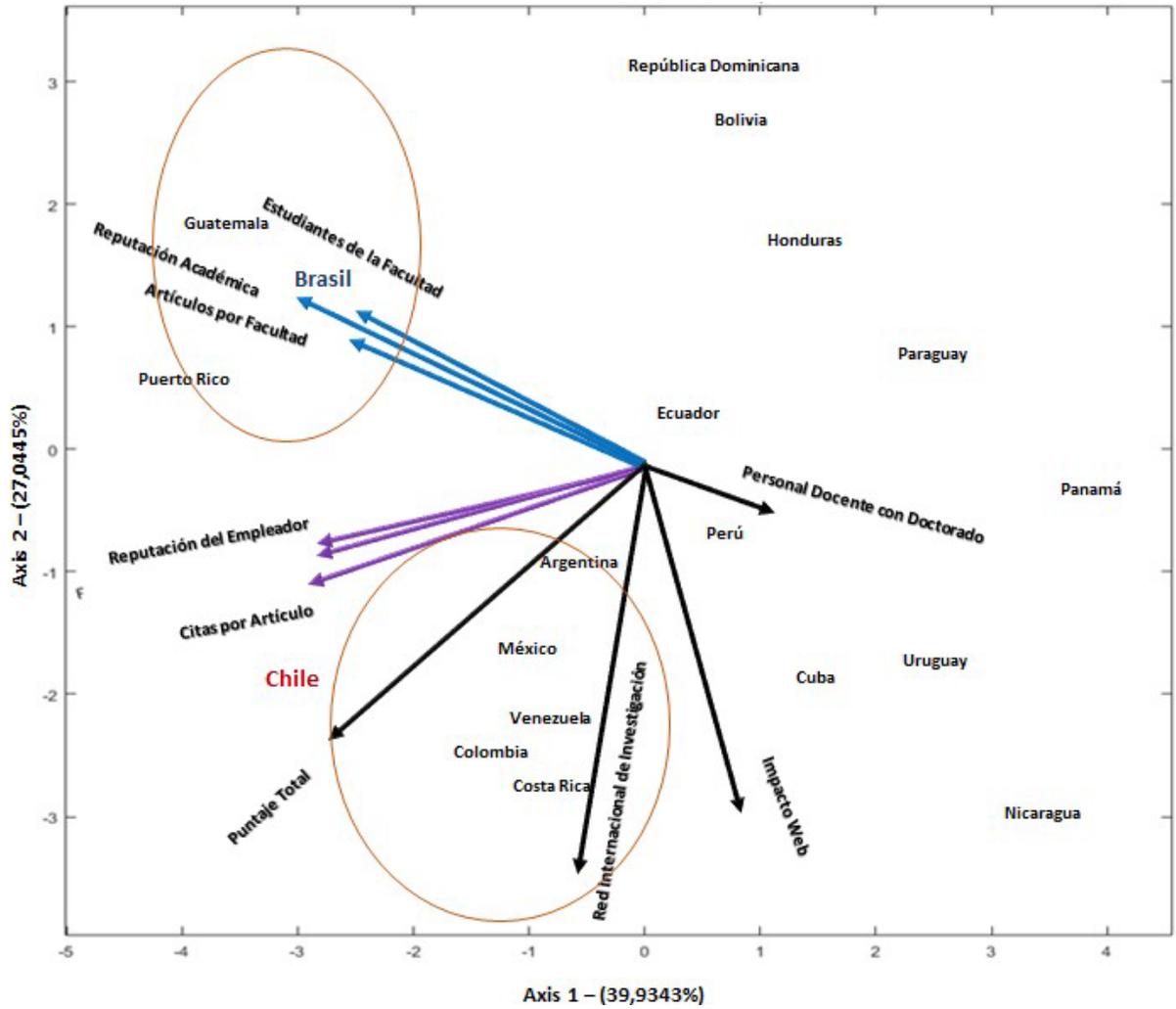


Figura 10. HJ-Biplot Ranking QS 2020 Latino promediados (67%)

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

Es posible identificar grandes limitaciones en las 4 figuras analizadas anteriormente. Para las Figuras 7 y 8, al haber identificado cada país con la suma de puntajes en los indicadores de las instituciones participantes en los rankings QS y THE, se crea un gran sesgo hacia los países con mayor volumen de instituciones participantes e instituciones a nivel país. Esto produce discordancias para naciones que participan con muy pocas o con muchas instituciones en el sistema de clasificación respectivo, en perjudicando a las primeros y beneficiando a los segundos.

En el caso de las Figuras 9 y 10, se identificó cada país con el promedio de puntajes de indicadores de las instituciones participantes en el sistema de clasificación respectivo. Si bien esto representa de mejor manera el desempeño, como nación, en el sistema de clasificación, el volumen de instituciones que participan por país también podría afectar positiva o negativamente en la clasificación. Merecen especial atención las naciones que presentan menos de 5 o 10 instituciones en la clasificación para el ranking THE y QS, respectivamente, ya que estas podrían no reflejar de buena forma la producción o clasificación a nivel nacional.

Para generar una mejor visualización, en consideración de la cantidad de instituciones aportados al sistema de clasificación y, el volumen de instituciones que se registran en los países, para las Figuras 11 y 12, se consideraron las sumas de indicadores de todas las instituciones de cada país, esta vez, ponderadas por el porcentaje que representan las mismas con respecto a la cantidad de instituciones visibilizadas en el ranking *Web Of Universities*, porcentajes exhibidos en Tablas 24 y 25.

Este método se usó bajo la premisa de que el ranking *Webometrics*, dada su metodología, es el que más instituciones integra en sus clasificaciones, estimando de manera concreta la proporción de participación respecto a la totalidad de instituciones activas que existen en cada nación de la región.

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

Con este nuevo ordenamiento, denominado Latín Ratio, para el THE, generó los siguientes resultados, la varianza explicada por los dos primeros ejes factoriales aparece en la Tabla 26.

Tabla 26. Inercia para los dos primeros ejes, Latín Ratio THE

Ejes	Eigenvalue	Expl, Var,	Cummulative
Eje 1	69,845	97,007	97,007
Eje 2	1,994	2,77	99,777

Se retuvieron dos ejes pues se consiguió una inercia acumulada elevada, 99,78%, suficiente para caracterizar, con garantías, la posición de los países con relación a las variables consideradas en el Ranking THE. El primer eje factorial absorbió la mayor cantidad de información, por tanto, el gradiente horizontal fue el más interesante a la hora de explicar la ordenación de los países, según ese gradiente latente multivariante, que capturó de manera conjunta la información de los seis indicadores del Ranking THE. La Tabla 27 recoge la contribución de cada eje factorial a la variabilidad de los diferentes indicadores.

Tabla 27. Contribución de cada eje factorial a variabilidad de indicadores, Latín Ratio - THE

Column	Eje 1	Eje 2	Eje 3
Overall ratio	984	9	7
Citations ratio	980	20	0
Industry income ratio	997	1	2
International outlook ratio	931	69	0
Research ratio	991	8	0
Teaching ratio	937	59	3

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

A su vez el Latín Ratio para el QS, generó los siguientes resultados, la varianza explicada por los dos primeros ejes factoriales aparece en la Tabla 28.

Tabla 28. Inercia para los tres primeros ejes, Latin Ratio QS

Ejes	Eigenvalue	Expl, Var,	Cummulative
Eje1	137,122	89,622	89,622
Eje 2	9,306	6,082	95,704
Eje 3	4,576	2,991	98,696

Al igual que el caso anterior, se retuvieron dos ejes pues se consiguió una inercia acumulada elevada, 95,7%. El primer eje factorial absorbió la mayor cantidad de información, por tanto, el gradiente horizontal fue el más interesante a la hora de explicar la ordenación de los países, en el Ranking QS. En la Tabla 29 se muestra la contribución de cada eje factorial a la variabilidad de los indicadores.

Tabla 29. Contribución de cada eje factorial a la variabilidad de los indicadores, Latin Ratio QS

Column	Eje 1	Eje 2	Eje 3
Overall ratio	989	3	3
Reputación académica ratio	960	0	33
Reputación del empleador ratio	961	5	20
Red internacional de investigación ratio	942	51	1
Estudiantes de la facultad ratio	741	246	8
Impacto web ratio	825	150	7
Citas por artículo ratio	855	80	55
Artículos por facultad ratio	952	8	0
Personal con doctorado ratio	841	5	143

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

En las Figuras 11 y 12, se presenta más del 95% de la varianza absorbida, tanto para el ranking THE como para el ranking QS, lo que concreta una buena representación de los datos generados, a partir de la metodología descrita. En esta representación, se sigue observando un liderazgo por parte de Brasil, lo que, en conjunto con los análisis anteriores, indica que la nación lidera no solo en cantidad de instituciones que aporta a los sistemas de clasificación, sino que esta cantidad de instituciones representa también el liderazgo, a nivel regional, de la educación superior brasileña.

Por otra parte, en los análisis anteriores, Chile se mantuvo sobre la media, en la mayoría de los indicadores medidos por cada sistema de clasificación. Bajo esta metodología presenta un desplazamiento positivo, incluso por sobre Brasil, en los sistemas de clasificación THE y QS. En el primero, se encuentra notablemente por sobre la media en todos sus indicadores, dominando principalmente en *Internacionalización, Ingreso de la industria y Citas*. Para el ranking QS, Chile y Argentina desplazan a Brasil del liderazgo, destacando a Chile en los indicadores de *Reputación académica, Reputación del empleador y Puntaje total*. Por otra parte, Argentina lidera en los indicadores de impacto web y red internacional de investigación.

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

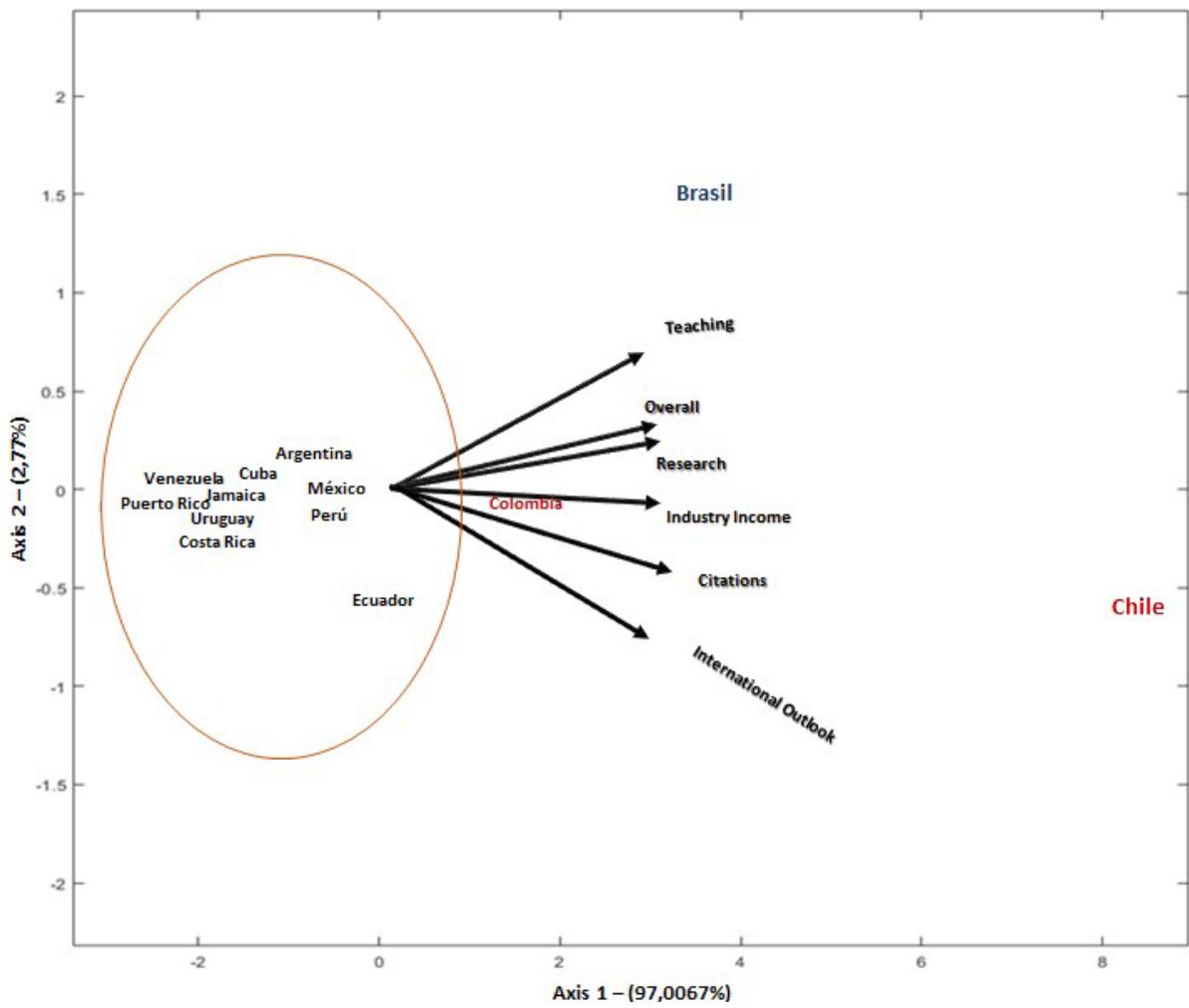


Figura 11. HJ-Biplot Ranking THE 2020 Latino ratio (99%)

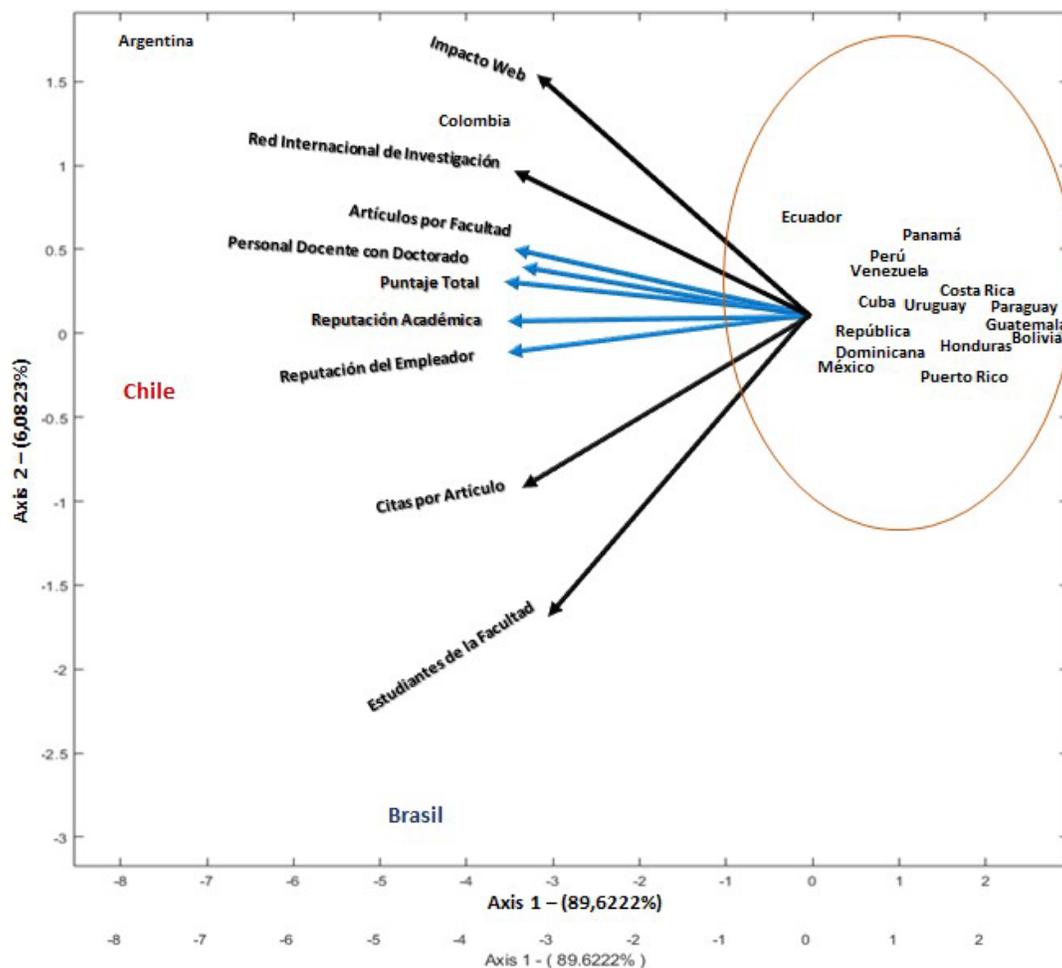


Figura 12. HJ-Biplot Ranking QS 2020 Latino ratio (95%)

Universidades latinoamericanas - Visión internacional

Aplicando una mirada global al análisis realizado, se consideraron los rankings QS, THE y ARWU en sus versiones internacionales, para observar la situación de las instituciones latinoamericanas en el contexto global. Esto mediante HJ-Biplots, en los que las instituciones latinas se representan en verde, las instituciones chilenas en rojo, instituciones brasileras en lila e instituciones del resto del mundo en negro.

En la Figura 13, el HJ-Biplot presenta más del 80% de la varianza total absorbida, representando de buena manera, la distribución de instituciones en el marco del ranking THE internacional. Asimismo, en

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

las Figuras 14 y 15 el HJ-Biplot absorbe más de un 82% y 85% de la varianza para los rankings QS y ARWU internacionales, respectivamente.

Estas dispersiones muestran la desventaja de Latinoamérica frente al mundo, en el panorama de los sistemas de clasificación internacionales, verificando además que, según el sistema de clasificación que se analice, esta región podría ser menos favorecida que en otros.

Esto último, evidencia que cada sistema de clasificación tiene sus directrices y preferencias regionales en la construcción de sus metodologías e indicadores, lo que favorece a países e instituciones grandes y con más trayectoria. En consecuencia, se genera un impacto real en la destinación de recursos y atención de otras instituciones de educación superior para lograr mejores clasificaciones, ya que, en el panorama internacional, se sigue verificando la alta correlación entre los *Puntajes Totales* y la investigación (*Research y Citations*) en el caso del ranking THE, áreas desarrolladas principalmente en la academia y programas de postgrado.

Esta preferencia se desplaza, en el caso del ranking QS, hacia indicadores de reputación (*Academic reputation y Employer reputation*), *Relación profesor-alumno* e internacionalización, lo que evalúa, principalmente la visibilidad nacional e internacional de las instituciones de educación superior.

En el caso del sistema de clasificación ARWU, se observa, al igual que en el ranking THE, una gran correlación entre los puntajes totales y el área investigativa relacionada a académicos altamente citados (*HiCi*), investigaciones publicadas en *Nature & Science (N&S)* y producción académica, en razón al tamaño de la institución (*PCP*). Los primeros dos indicadores se encuentran directamente relacionado con el área de las ciencias naturales, lo que podría perjudicar a Latinoamérica dado que, según la información integrada por el ranking QS regional 2021, el área de las ciencias sociales predomina en esta región.

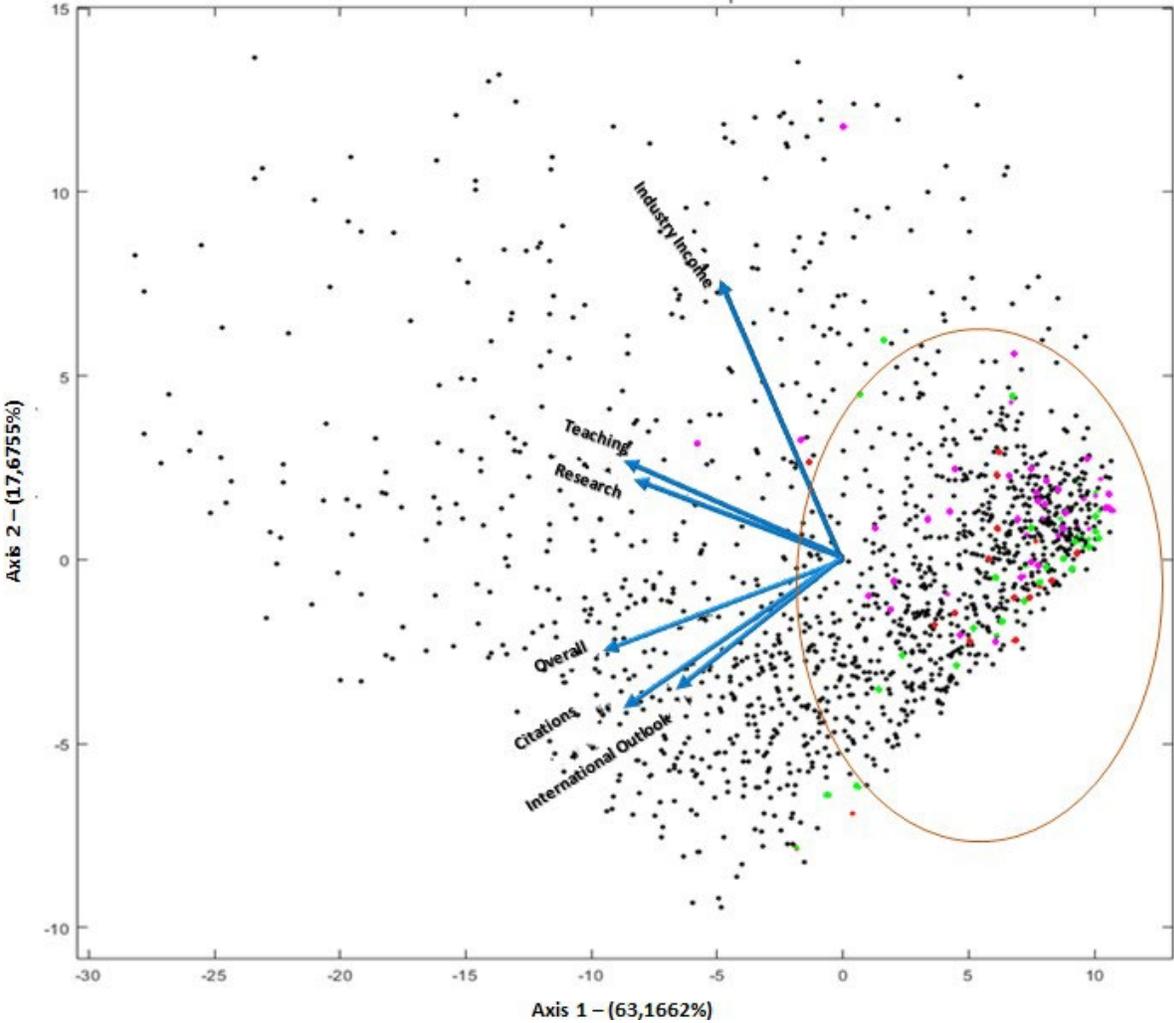


Figura 13. HJ-Biplot ranking THE 2020 Internacional (81%)

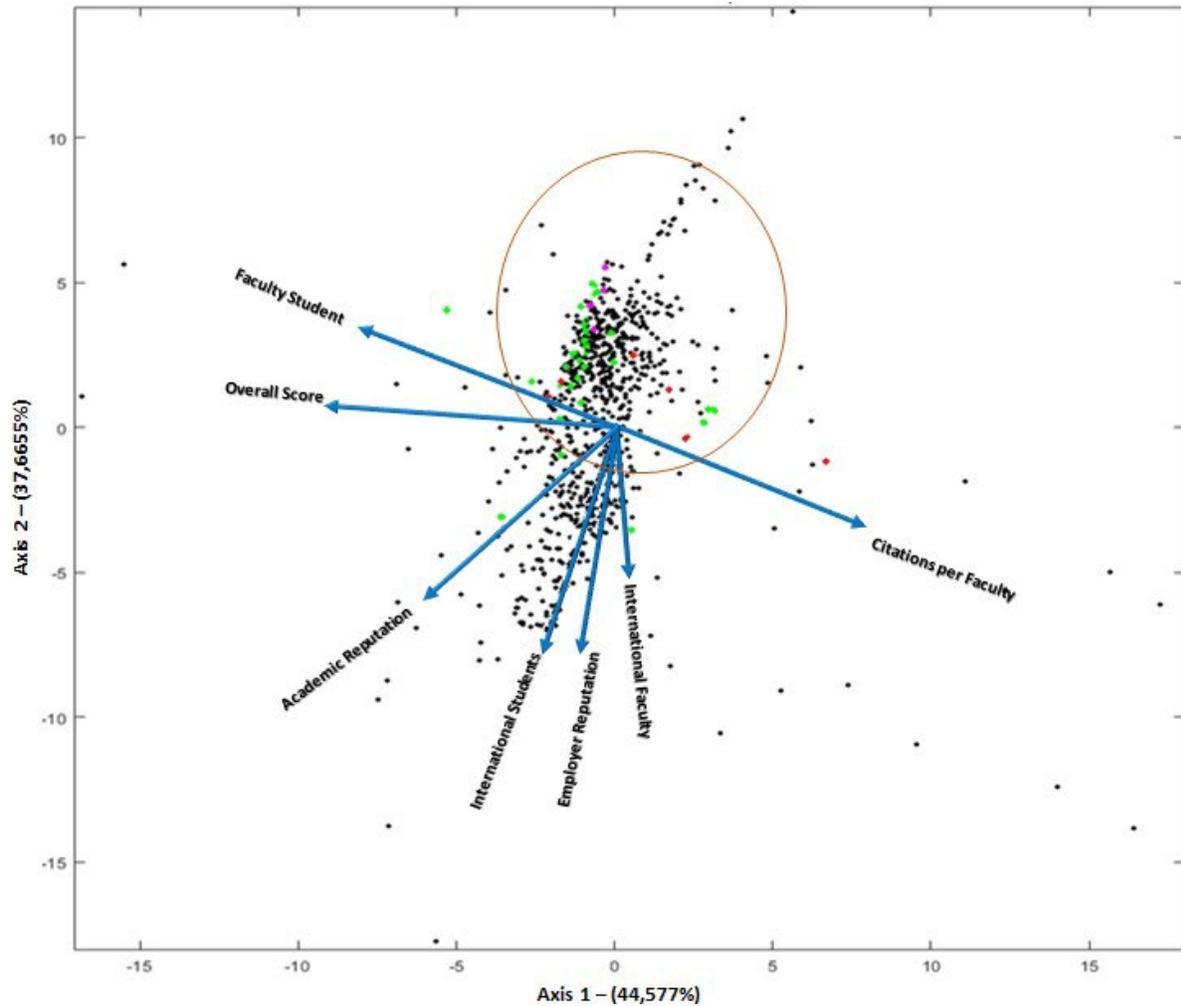


Figura 14. HJ-Biplot ranking QS 2020 Internacional (82%)

En particular, en la Figura 15, se observa la poca visibilidad latinoamericana. En su mayoría, esta región se encuentra representada por instituciones brasileñas (lila) y con mínima visibilidad para otros países de la región.

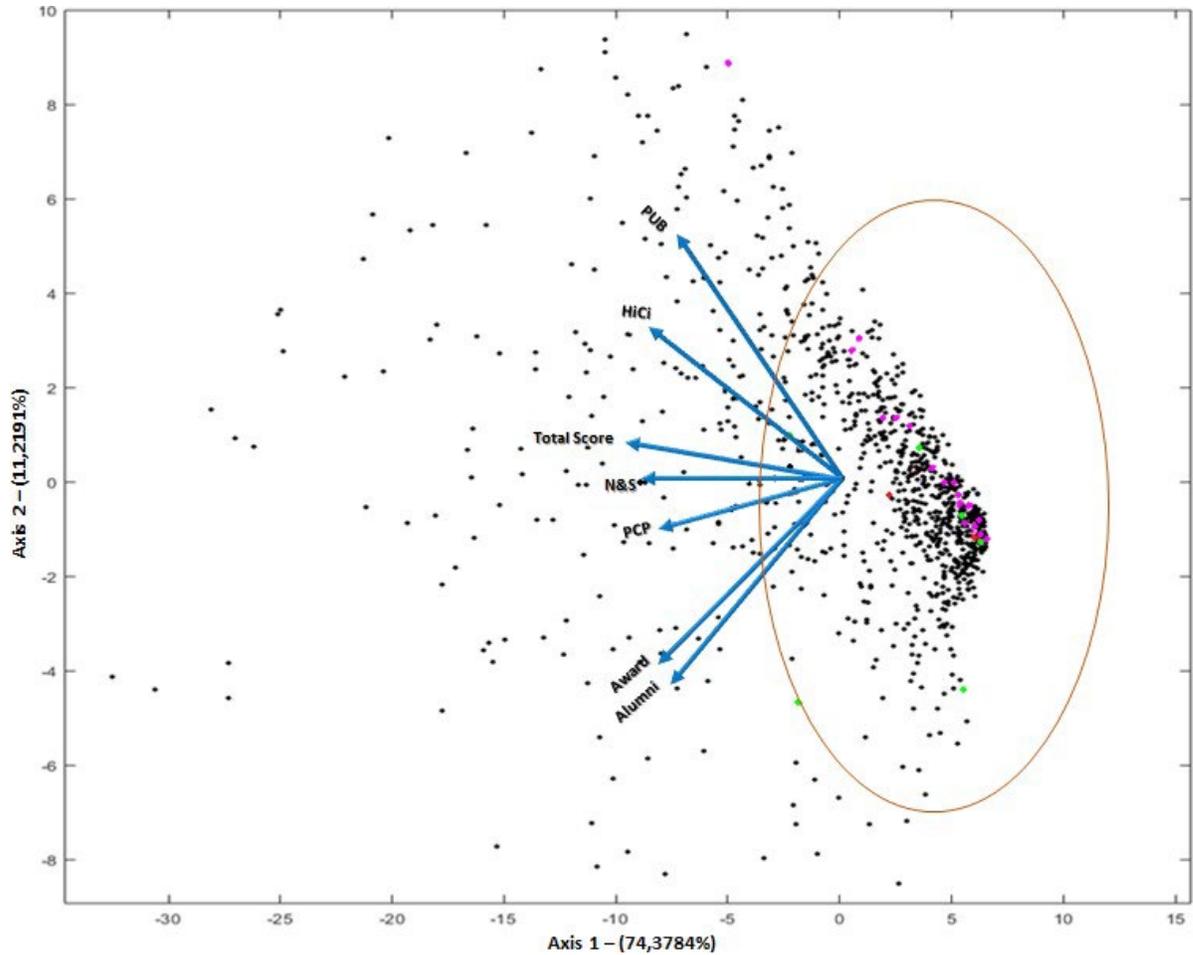


Figura 15. HJ-Biplot ranking ARWU 2020 internacional (85%)

Como se observó, tanto en el análisis estadístico como en la revisión de literatura inicial, la falta de figuración de las universidades latinoamericanas en los ranking universitarios creados por la Universidad de Shanghai (ARWU), corresponde al uso de una metodología “sesgada” que enfatiza en ciertas dimensiones del funcionamiento de la universidad, en contraste a la invisibilización de otras dimensiones de las 3 misiones principales de las universidades, que son de igual relevancia, ya que se encuentran vinculadas con el contexto cultural y social de cada país. Esta invisibilidad se evidencia en las correlaciones entre los puntajes totales de los sistemas de clasificación y ciertas variables, asociadas principalmente a

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

la investigación y divulgación científica, las cuales son las más influyentes en la clasificación misma y, en consecuencia, las que tornan borroso el panorama para la Región Latinoamericana.

De este modo, una buena política gubernamental de educación terciaria elevará los niveles de competitividad y desarrollo de la investigación. Asimismo, la aplicación extensiva de la investigación permite la compra de infraestructura científica, lo que representa, para la universidad, una forma de mejorar su competitividad.

Según los indicadores de la OCDE 2017-2019, en la Región Latinoamericana, el país que invierte la mayor cantidad de recursos del PIB en educación terciaria es Brasil, lo cual se condice con el lugar que han alcanzado sus universidades en la mayoría de los rankings universitarios. Esto se confirma con la posición lograda por Brasil en las visualizaciones exhibidas más arriba, evidenciando la correlación entre los recursos invertidos y la efectividad en el posicionamiento de sus instituciones, lo que representa el prestigio logrado a través de estos.

En este sentido, es importante destacar que las universidades que lideran los rankings a nivel mundial pertenecen a los países más ricos del globo, en tanto que los presupuestos destinados a financiar programas de investigación triplica los presupuestos de las 16.000 universidades existentes en el resto del mundo, según los datos entregados por ciertas investigaciones (Flores- Orozco et al., 2015). Asimismo, las universidades que poseen la mayor puntuación en los rankings mantienen altos niveles de movilidad internacional de sus estudiantes.

La proporción del gasto en educación superior es un factor que se vincula con el éxito que alcanzan ciertas universidades en los rankings universitarios y, se condice con los parámetros propuestos por la OCDE, pues “la proporción de la riqueza nacional que se destina a instituciones educativas es significativa en todos los países”, en tanto que Chile es uno de los países de la OCDE que invierte más recursos en la

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RANKINGS INTERNACIONALES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

totalidad del ciclo educativo: fenómeno que se evidencia en la posición que han alcanzado ciertas universidades estatales, privadas y tradicionales en los diferentes rankings universitarios (González, 2019).

La dominancia que presenta Chile en las Figuras 11 y 12 es un fenómeno que puede atribuirse a que Chile es uno de los países latinoamericanos con mejores instituciones de educación superior, en relación con la extensión y población del país. De todos modos, esto no desvincula a Brasil del liderazgo regional a nivel de clasificaciones, inclusive, al contrastarlo con su volumen poblacional y extensión geográfica.

CAPÍTULO 7

ESTRUCTURA COMÚN RANKINGS QS Y THE

CAPÍTULO 7. ESTRUCTURA COMÚN RANKINGS QS Y THE

Para llevar un análisis de este tipo, se parte de dos conjuntos de datos que se ordenan en las matrices X e Y , observados sobre los mismos I individuos. Así, se puede estudiar la relación que existe entre ambas matrices. Una técnica que posibilita la realización de dichos análisis es el Análisis de la CO-Inercia (COIA), “que busca ejes que maximicen la covarianza entre los individuos de las dos tablas” (González-Narváez et al., 2020, p. 8).

7.1. Análisis de CO-Inercia

Método simétrico de análisis multivariante que permite estudiar las relaciones más importantes entre dos tablas que tienen idénticas filas. Su objetivo es encontrar la estructura en común (co-estructura), entre dos matrices de datos multivariantes. Para Chessel y Mercier (1993) este tipo de análisis es el de dos ACP normalizados, que es equivalente al análisis Iner-battery de Tucker (1958), quien lo postula como alternativa al análisis canónico para “estudiar las relaciones entre los valores de n individuos con dos baterías de pruebas (psicometría)” (González-Narváez et al., 2020, p. 10).

Con el COIA, se analizan al mismo tiempo dos matrices X e Y . Primero, las matrices se analizan de forma independiente y se obtienen los ejes principales, los que representan la dirección de los vectores que maximizan la variabilidad proyectada (inercia). Se pueden ordenar las unidades observadas sobre estos ejes, del mismo modo que se realiza en el análisis ACP. De acuerdo con Dolédec y Chessel (1994), los nuevos ejes que se obtienen del análisis buscan una máxima correlación, en la medida en que la covarianza entre los dos nuevos conjuntos de puntuaciones proyectada sea máxima.

Dolédec y Chessel (1994) y Dray et al. (2003) describieron el método, a través del siguiente modelo matemático:

CAPÍTULO 7. ESTRUCTURA COMÚN RANKINGS QS Y THE

Sean dos matrices normalizadas (centradas y escaladas):

$$X_{[n,s]} \text{ e } Y_{[n,1]}$$

Sus tripletes respectivos son:

$$(X, D_s, D^n) \text{ y } (Y, D_1, D_s)$$

de manera que las matrices diagonales D_l contienen los pesos $1/I$ para los I individuos-observaciones (filas). Los pesos (unitarios) son D_P y D_Q , asociados, respectivamente, a las variables P y Q (columnas).

Cada triplete es diagonalizado, de manera que:

$$(X, D_s, D^n) = RNC; \quad R \in \mathbb{R}^{2 \times 4}, V \in \mathbb{R}^{5 \times 4} \text{ y } N \in \mathbb{R}^{4 \times 4}$$

donde N es la matriz con los valores propios (v_1, v_r) almacenados en el vector v . Por su parte, R tiene las puntuaciones de las I filas y las C puntuaciones de las P filas en los r ejes y

$$(Y, D_6, D_7) = RMC; \quad R \in \mathbb{R}^{8 \times 9}, V \in \mathbb{R}^{7 \times 9} \text{ y } N \in \mathbb{R}^{9 \times 9}$$

donde M es la matriz contenedora de los valores propios (u_1, u_s) almacenados en el vector u , R contiene las puntuaciones de las I filas, mientras que las C contiene las puntuaciones de las Q filas en los s ejes.

ξ y ψ son matrices columnas que tienen I coordenadas, que se generan por las proyecciones del espacio multidimensional vinculado con X y en los vectores u (normalizado por D_P) y v (normalizado por D_Q), respectivamente:

$$\xi = XD_s u \text{ y } \psi = YD_1 v$$

Así, la CO-Inercia se obtiene:

$$H(u, v) = \xi(D^* \Psi) \cong (X(D^* Y, D_5 D_1))$$

Su medida de covarianza es:

$$Cov(\xi, \Psi) = Corr(\xi, \Psi) \times VAR(\xi) \times VAR(\Psi)$$

$$Cov(\xi, \Psi) = Corr[\xi(D^* \Psi, YD_1^*) \times]VAR(\xi(D^* \Psi))^{\frac{q}{c}} \times (VAR(YD_1^*))^{0/c}$$

Finalmente, este análisis nos permitirá hacer comparaciones entre distintos conjuntos de variables para un mismo grupo de individuos. De esta manera, se podrán encontrar relaciones significativas entre el comportamiento de los distintos conjuntos de variables en el posicionamiento de los individuos. En la Figura 16 es posible apreciar el conjunto de variables X e Y para los mismos individuos.

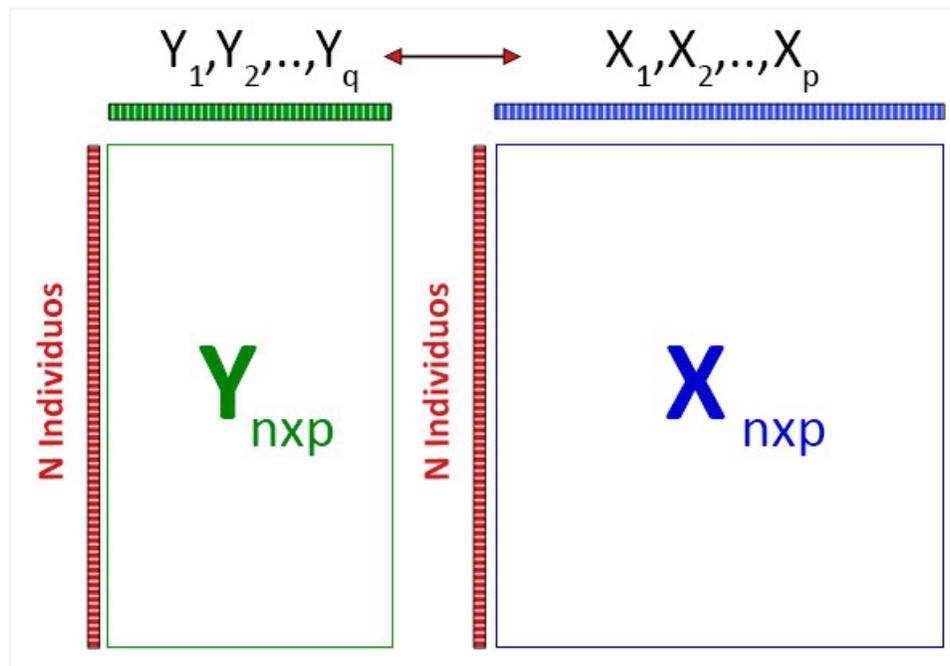


Figura 16. Relación entre dos conjuntos de variables :X, Y

CAPÍTULO 7. ESTRUCTURA COMÚN RANKINGS QS Y THE

Analizar la información común a dos tablas de datos medidas sobre el mismo conjunto de observaciones. Se trata de encontrar los factores que son comunes a ambas tablas de datos. Este análisis consta de dos pasos:

Paso 1: Análisis por separado de cada tabla.

Paso 2: Análisis de la co-estructura entre las tablas.

Finalmente, se realiza una Inferencia estadística a través de Prueba de permutación de Montecarlo (Escoufier, 1973).

- 1) Se define el producto escalar entre dos tablas su covarianza vectorial.

$$Covv(X_{>}, X_{,}) = \text{Traza}(X_{>}^T X_{,}) = \text{Traza}(X_{,}^T X_{>})$$

- 2) Se define la varianza vectorial de una tabla como:

$$Varv(X_{>}) = \text{Traza}(X_{>}^T X_{>})$$

- 3) La expresión del coeficiente de correlación vectorial será:

$$Rv((X_{>}, X_{,})) = \frac{Covv(X_{>}, X_{,})}{\sqrt{nVarv(X_{>})nVarv(X_{,})}}$$

7.2. Estructura común entre Ranking QS y Ranking THE

La técnica antes descrita, fue aplicada a los rankings QS y THE, seleccionando los primeros 200 instituciones del ranking QS 2017 como base, el objetivo es comparar dos conjuntos de datos (X e Y) respetando los mismos individuos (universidades), pero con diferentes variables (columnas), para evaluar si existe una estructura “común” de co-estructura entre rankings señalados. En ese sentido, se encontraron 161 Instituciones similares en ambos rankings, el ranking QS considera una matriz $X_{-.+./}$ y por otra parte el Ranking THE considera una matriz $Y_{-.+./}$.

Análisis por separado de cada matriz

1) Análisis de los datos obtenidos de la Matriz Ranking QS (PCA de la Matriz de Rankings QS (X)).

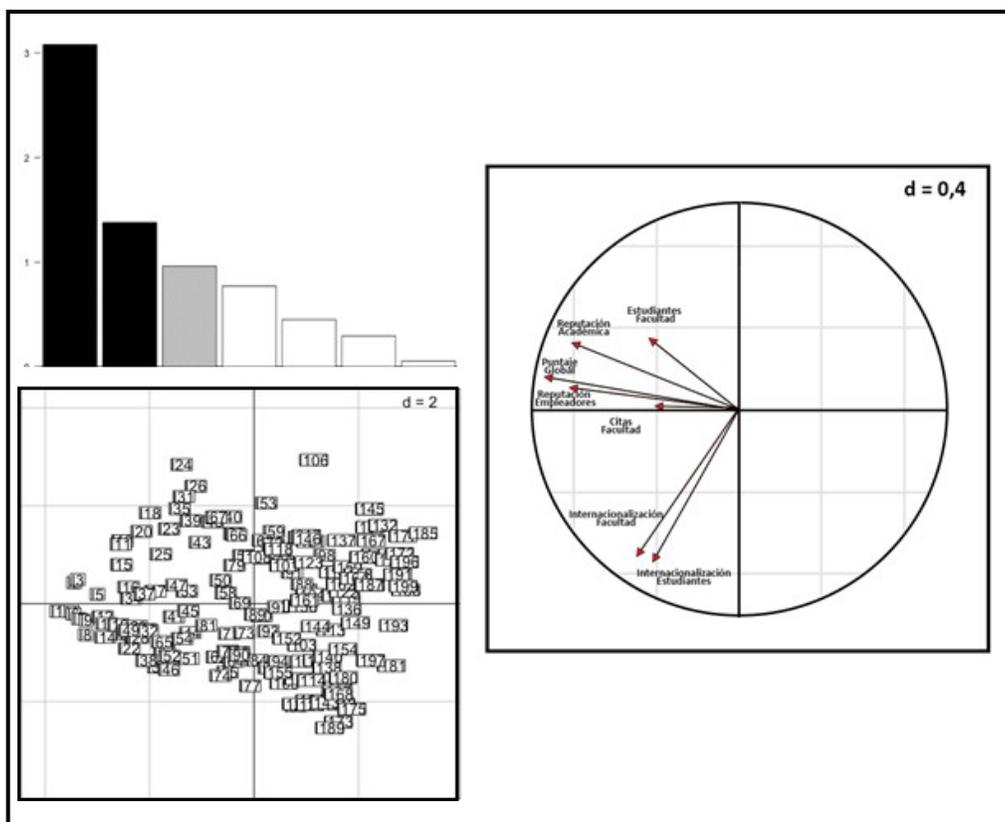


Figura 17. Análisis de la Matriz Ranking QS

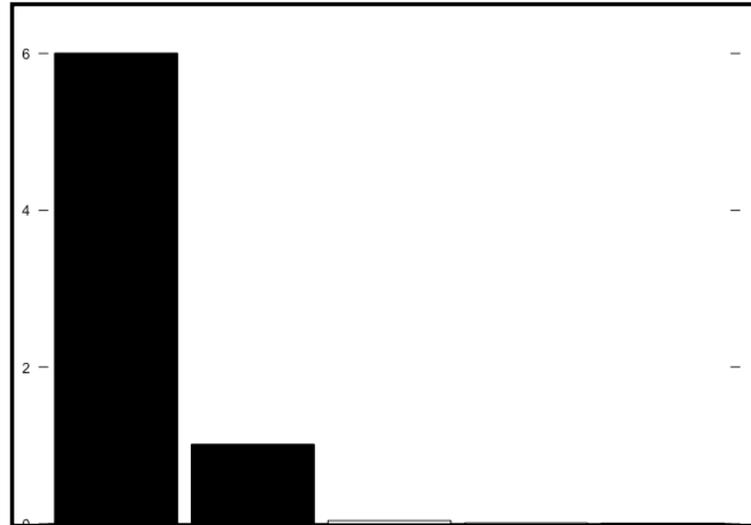


Figura 19. Gráfico de sedimentación

Si se observa la información de la Figura 20, en ambos gráficos, el primer eje es un gradiente que se puede interpretar como relacionada con la “Investigación y Docencia”. Por otra parte, el segundo eje es un gradiente que podemos interpretar como “Relación con el Medio, Nacional e Internacional”.

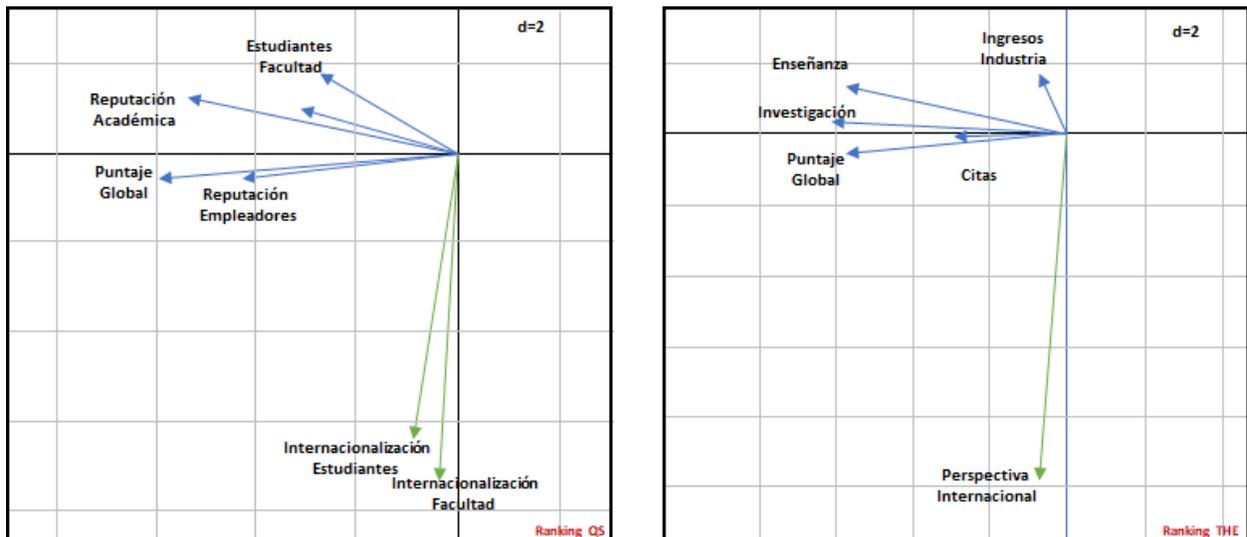


Figura 20. Pesos de co-inercia óptimos Matriz Ranking QS y Matriz Ranking THE

CAPÍTULO 7. ESTRUCTURA COMÚN RANKINGS QS Y THE

En la Figura 21, se observa la proyección de los ejes resultantes de cada análisis por separado (izquierda: tabla de matriz Ranking QS; derecha, tabla de matriz Ranking THE) sobre los ejes de co-inercia, en ellos es posible apreciar los Ejes de Máxima Inercia sobre los ejes de Coinercia

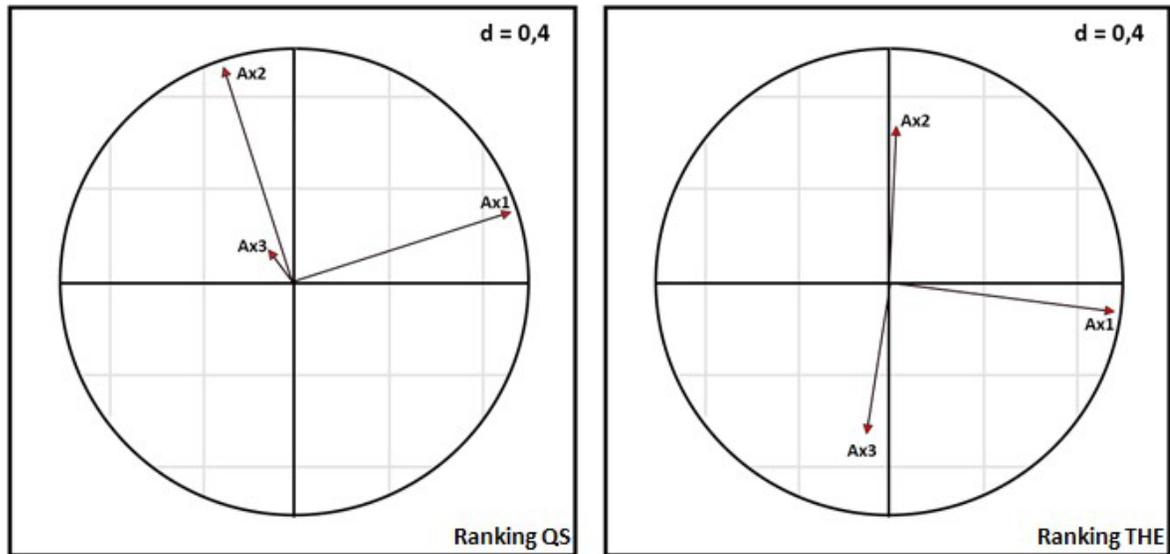


Figura 21 Ejes de Inercia y de CO-Inercia Ranking QS y Ranking THE

Cuanto más se “acerquen” los ejes de inercia (componentes principales) a los ejes de Co-Inercia en cada uno de sus correspondientes conjuntos, mayor co-estructura existirá entre ambos conjuntos de variables. Como se puede observar por los ángulos y el tamaño de la Proyección de los ejes resultantes de cada análisis por separado tenemos una fuerte relación entre ellos.

Por otra parte, en la Tabla 30, se muestra la Inercia y correlaciones de los ejes de Co-inercia siendo los dos primeros ejes los que acumulan casi el 99,1% de inercia proyectada. Al igual que el RV es de 0,555.

CAPÍTULO 7. ESTRUCTURA COMÚN RANKINGS QS Y THE

Tabla 30. Inercias y correlaciones de los ejes de co-inercia

Total inercia:	7.082
-----------------------	-------

Eigenvalues:				
Ax1	Ax2	Ax3	Ax4	Ax5
600.327	101.496	0.04208	0.01258	0.00883

Projected inertia (%):				
Ax1	Ax2	Ax3	Ax4	Ax5
847.712	143.321	0.5942	0.1777	0.1247

Cumulative projected inertia (%):				
Ax1	Ax1:2	Ax1:3	Ax1:4	Ax1:5
84.77	99.10	99.70	99.88	100.00

Eigenvalues decomposition:					
	eig	covar	sdX	sdY	corr
1	6.003.268	2.450.157	1.704.806	1.726.289	0.8325406
2	1.014.963	1.007.454	1.235.014	1.047.606	0.7786740

Inercia & coinercia X (PCAQS):			
	inercia	max	ratio
1	2.906.364	3.079.852	0.9436702
12	4.431.623	4.460.063	0.9936234

Inercia & coinercia Y (PCATHE):			
	inercia	max	ratio
1	2.980.073	3.056.302	0.9750582
12	4.077.550	4.385.058	0.9298737

RV:	0,5551867
------------	-----------

CAPÍTULO 7. ESTRUCTURA COMÚN RANKINGS QS Y THE

Finalmente, falta comprobar la Inferencia estadística de los resultados, para lo cual se utilizará una prueba de permutación de Montecarlo. Para comprobar la bondad de ajuste de los resultados mediante el coeficiente RV, en donde RV pertenece al intervalo $[0, 1]$

Ho: Ambas estructuras son independientes

En la Figura 22, se observa el histograma del Test para comprobar la Ho.

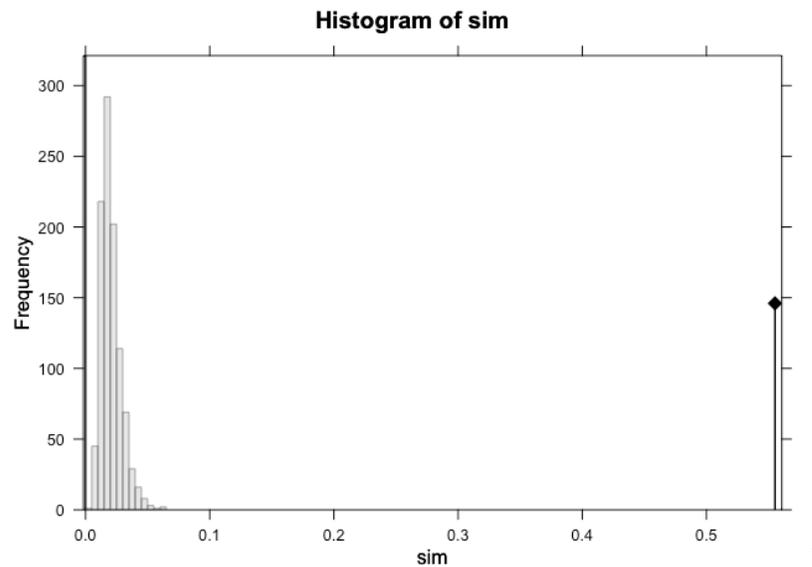


Figura 22. Test Monte-Carlo (xtest = COINERCIA, nrepet = 1000, fixed = 0)

Resultados del Test:

- Observation: 0.555
- Based on 1000 replicates
- Simulated p-value: 0.000999001
- Alternative hypothesis: greater

Por lo tanto, no existe evidencia suficiente con los datos de las matrices Ranking Qs y Matriz Ranking THE para aceptar la Hipótesis Nula. En consecuencia, es posible concluir que *existe relación entre las Matriz Ranking QS y la Matriz del Ranking THE.*

Diagrama de co-estructura

En la Figura 23, es posible apreciar que los individuos (universidades) con flechas cortas indican que las variables de la matriz Y (Ranking THE) explican bien la estructura encontrada en la matriz X (Ranking QS) y viceversa (Doledec y Chessel, 1994; Dray et al., 2003).

Cada universidad está definida por un vector; la cabeza marca la posición (coordenadas) de la universidad de acuerdo a la ordenación de la matriz Ranking QS, y la flecha marca la posición (coordenadas) de acuerdo a la ordenación de Ranking THE. Como las coordenadas están estandarizadas, la varianza a lo largo de cada eje es igual a 1.

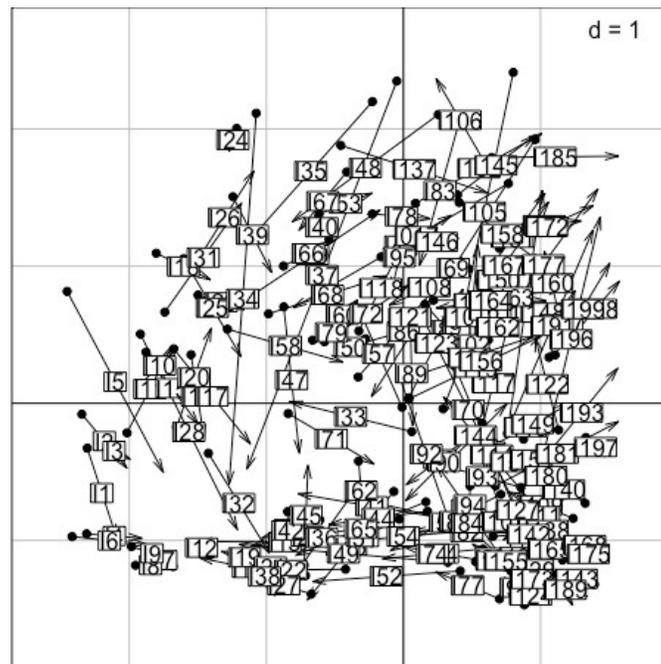


Figura 23. Gráfico de Co-ESTRUCTURAS Ranking QS - THE

CAPÍTULO 8

ANÁLISIS DINÁMICO DE LOS RANKINGS QS, ARWU Y THE DESDE EL 2016 AL 2020

El análisis de esta sección se centra en métodos multivariantes dinámicos que permitan observar el comportamiento de las universidades mejor posicionadas, en relación con los diferentes indicadores, así como las trayectorias de variables e instituciones durante un periodo de tiempo. En este sentido, se ha visto un vacío investigativo en el trabajo con métodos multivariantes y dinámicos, aun cuando los rankings internacionales han sido objetos de numerosos estudios, en los que se observan técnicas como el análisis factorial (Docampo, 2011; Luque-Martínez et al., 2018; Soh, 2015), los componentes principales (Docampo y Cram, 2015; Tuesta et al., 2019), el análisis de regresión (Hou y Jacob, 2017; Uslu, 2020; Safón, 2019), el análisis de correlaciones (Soh, 2011; Shehatta y Mahmood, 2016) o el método de la I-distancia (Jeremic et al., 2011).

8.1. Análisis de Biplot Dinámico

Este tipo de análisis proviene de la Escuela Salmantina de métodos para el análisis de datos en tablas de tres modos con las formulaciones BIPLLOT.

Dentro de las recientes contribuciones al análisis de tres vías con formulaciones biplot, es el Biplot Dinámico, este método cuenta con dos etapas: primero se realiza un análisis de la situación de referencia (análisis estático), a través de un análisis biplot clásico o bien un HJ-Biplot, ya que este permite una mejor representación simultánea de filas y columnas. En la segunda etapa, se realiza el análisis dinámico, en el cual se proyecta sobre el gráfico biplot (el cual se obtiene en la etapa anterior), el resto de las situaciones que se desean analizar. Como resultado se tiene un conjunto de trayectorias de los individuos y de las variables sobre el biplot de la situación de referencia. En Anexo V. Metodología Matemática Biplot Dinámico, se explica en detalle los fundamentos utilizados, tomados desde (Egido- Miguélez, 2015)

8.2. Análisis dinámico Rankings QS, ARWU y THE 2016 - 2020

Se seleccionaron los tres rankings internacionales de mayor notoriedad: ARWU, THE y QS. Las fuentes empleadas para el diseño de las bases de datos fueron las páginas web de los respectivos rankings:

- **Academic Ranking of World Universities (ARWU):** <http://www.shanghairanking.com>
- **Times Higher Education (THE):** <https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings>
- **Quacquarelli Symonds-QS (QS):** <http://www.topuniversities.com/university-rankings>

A través de ellas, se obtuvieron los datos pertenecientes a las universidades que formaron el Top-15 en cada una de las clasificaciones, durante cinco años consecutivos. La asociación entre la reputación institucional y los rankings (García, 2015; Parellada y Álvarez, 2017) fue determinante para seleccionar, en esta investigación, a las universidades mejor posicionadas en las listas internacionales más destacadas. Se recogieron los valores de todas las variables de los años 2015 a 2020. Únicamente se excluyó del análisis a la Universidad Paris-Saclay, porque apareció en la clasificación ARWU del año 2020, pero no en los años anteriores.

En las tres clasificaciones internacionales (ARWU, THE y QS), se analizaron las universidades del Top-15 y todos los indicadores que ponderaron en ellas. La situación de referencia se fijó en el año 2020, que fue la última situación conocida y, por tanto, la más interesante para el análisis. Los datos del periodo de referencia se centraron y estandarizaron.

En los gráficos HJ-Biplot, los indicadores estudiados se representaron mediante vectores, mientras que las universidades se identificaron mediante puntos, cuya etiqueta recogió su nombre abreviado. En la Tabla 31, aparecen las universidades que forman parte del Top-15 en los tres rankings.

Tabla 31. Universidades del Top-15 en ARWU, THE y QS.

ARWU	THE	QS
Harvard University	University of Oxford	Massachusetts Institute of Technology (MIT)
Stanford University	California Institute of Technology (Caltech)	Stanford University
University of Cambridge	University of Cambridge	Harvard University
Massachusetts Institute of Technology (MIT)	Stanford University	California Institute of Technology (Caltech)
University of California, Berkeley	Massachusetts Institute of Technology (MIT)	University of Oxford
Princeton University	Princeton University	ETH Zurich - Swiss Federal Institute of Technology
Columbia University	Harvard University	University of Cambridge
California Institute of Technology (Caltech)	Yale University	Imperial College London
University of Oxford	University of Chicago	University of Chicago
University of Chicago	Imperial College London	UCL
Yale University	University of Pennsylvania	National University of Singapore (NUS)
Cornell University	Johns Hopkins University	Princeton University
University of California, Los Angeles	University of California, Berkeley	Nanyang Technological University, Singapore (NTU)
Johns Hopkins University	ETH Zurich	EPFL - Ecole Polytechnique Federale de Lausanne
University College London	UCL	Tsinghua University

Se puede observar que las universidades que ocupan las mejores posiciones no son las mismas en los tres rankings: ocho instituciones aparecen en las tres listas, seis aparecen en dos de ellas y nueve solo destacan en una clasificación.

Ranking ARWU

La información capturada en el primer plano aparece en la Tabla 32, se retuvieron dos ejes, pues se consiguió una inercia acumulada elevada de 87,43%, suficiente para caracterizar, con garantías, el posicionamiento de las universidades en el Ranking ARWU, en relación con las variables consideradas.

Tabla 32. Varianza explicada ARWU.

Ejes	Valor Propio	Var. Explicada	Var. Acumulada
Eje 1	6,98	57,98	57,98
Eje 2	4,97	29,45	87,43

El primer eje factorial retuvo la mayor cantidad de información (57,98%), por tanto, el gradiente horizontal fue el más interesante a la hora de explicar la ordenación de las universidades según ese gradiente latente multivariante, que capturó de manera conjunta la información de los seis indicadores del ranking, así como sus interrelaciones. La Tabla 33 recoge la contribución de cada eje factorial a la variabilidad de los diferentes indicadores del ranking.

Tabla 33. Contribución de cada eje factorial a la variabilidad de los indicadores ARWU.

Variables	Eje 1	Eje 2
Alumni	767	40
Award	616	222
HiCi	658	295
N&S	878	33
PUB	133	812
PCP	426	365

Atendiendo a las contribuciones del factor al elemento para las columnas, se observó que todas las variables pudieron interpretarse en el plano factorial 1-2 y mostraron una buena calidad de representación. *N&S* y *Alumni* recibieron alta contribución al eje 1. En *PUB*, el eje 2 aportó información de interés y *HiCi* fue una variable de plano sin capacidad discriminante.

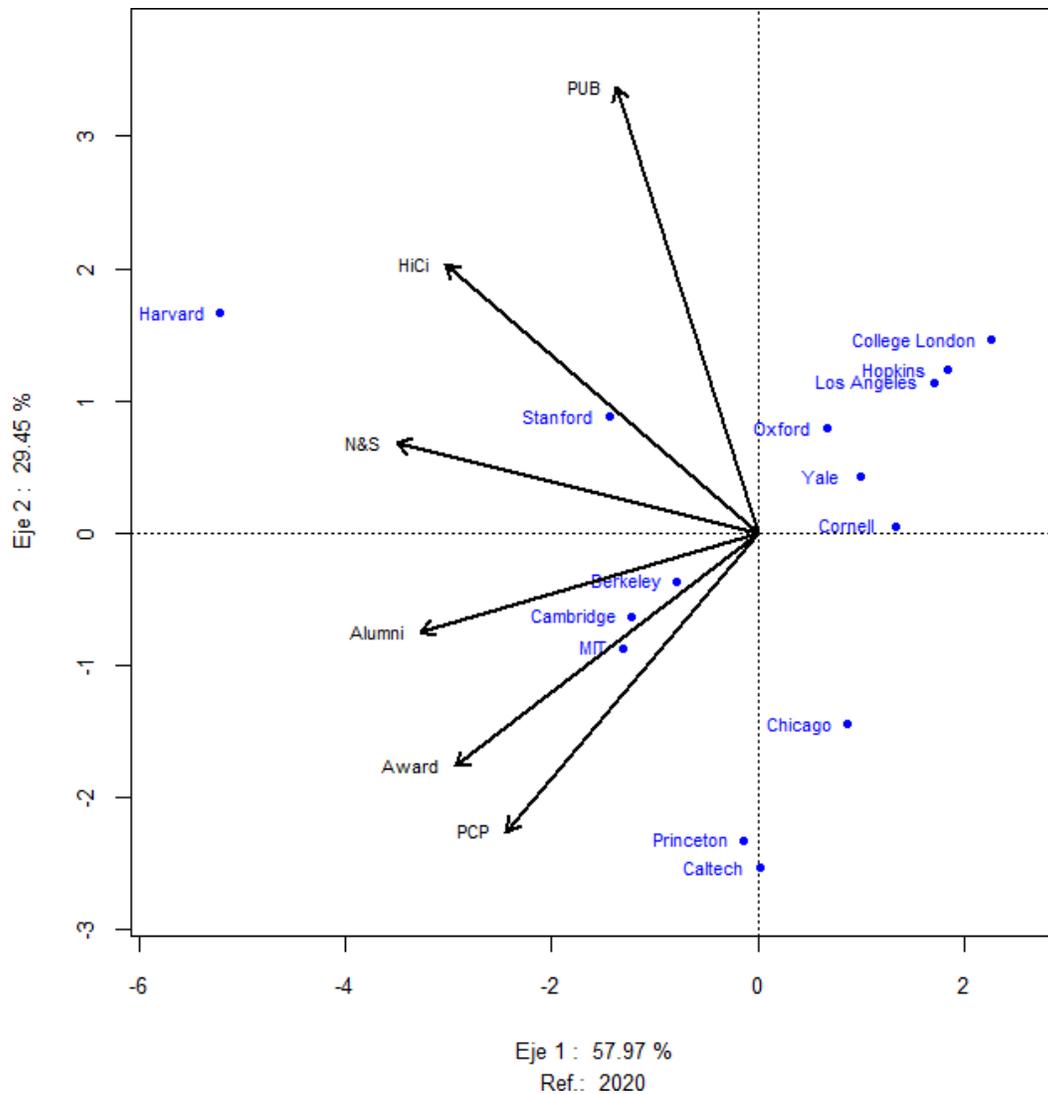


Figura 24. Representación factorial HJ-Biplot Ranking ARWU (2020), plano 1-2.

En la Figura 24, se muestra el HJ-Biplot para la matriz de datos del año 2020, que aporta el mayor conocimiento posible de la referencia. Se observa que existió una relación fuerte y directa entre *Award* y *PCP*, ambas variables correlacionaron también de forma directa con *Alumni* y *N&S*. De este modo, cuatro indicadores pertenecientes a las cuatro dimensiones de ARWU (*Calidad de la docencia*, *Calidad del profesorado*, *Producción investigadora* y *Tamaño de la institución*) estuvieron relacionados de forma directa. Sin embargo, *PUB* correlacionó de forma indirecta con *PCP* y con *Award*. Asimismo, *PUB* y *Alumni* mostraron una ausencia de relación. Por su parte, *PCP* y *HiCi* fueron variables no correlacionadas.

En cuanto a las filas, de las 15 universidades analizadas, únicamente la Universidad de Columbia obtuvo una calidad de representación inferior a 500 puntos y, por ende, no se representó en el plano. Las universidades se posicionaron en diferentes partes del gráfico y se establecieron varias agrupaciones, en función de sus características similares.

La Universidad de Harvard, primera clasificada en ARWU, mostró características alejadas del resto de los centros y elevados valores en *N&S* y *HiCi*, indicadores que ponderan un 20% en la clasificación global. La Universidad de Stanford, segunda posicionada en ARWU, se situó sobre *HiCi* y también mostró características alejadas del resto. Cambridge, MIT y Berkeley, siguientes clasificadas, aparecieron en posiciones cercanas y próximas a *Award*, variable que pondera un 20% y recoge el personal con Nobel y medallas Fields.

En la parte inferior de la figura se situaron dos universidades caracterizadas por elevados valores en la variable *PCP*: Princeton y Caltech. En la parte superior derecha de la figura, alejadas de todas las variables, destacaron las tres instituciones que ocuparon los últimos puestos en el Top-15: Los Ángeles, Johns Hopkins y University College London. Las universidades de Oxford y Yale también se situaron en esa zona; la Universidad de Cornell se posicionó sobre el eje X. En la parte inferior derecha se situó, alejada de todas las variables, la Universidad de Chicago.

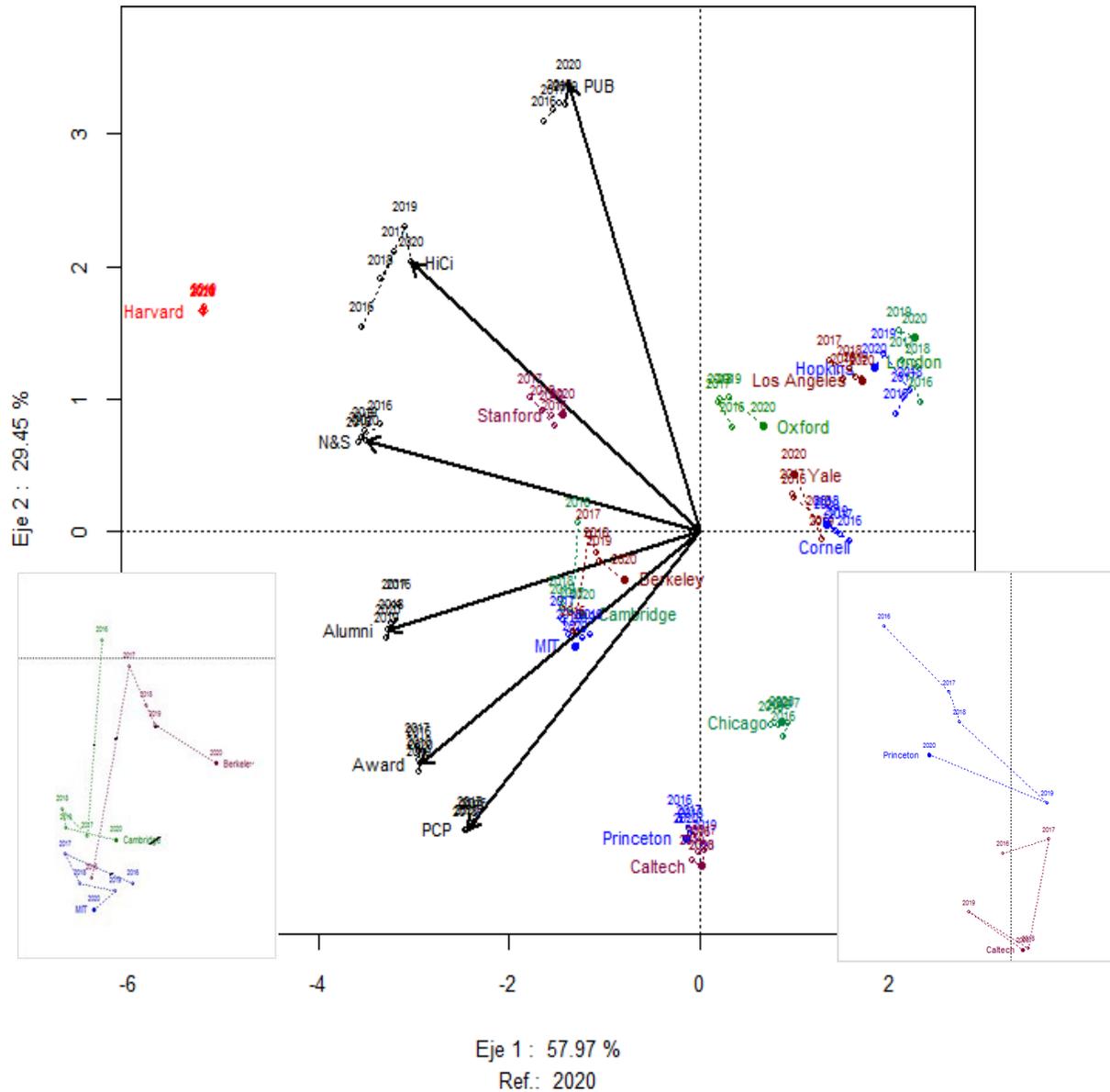


Figura 25. Representación factorial Biplot Dinámico Ranking ARWU, plano 1-2

En la Figura 25, se observa el Biplot Dinámico obtenido al proyectar el resto de las situaciones sobre el HJ-Biplot del año 2020. El análisis de los coeficientes de determinación obtenidos en las proyecciones

mostró valores elevados en todos los indicadores y todos los años analizados. Los p-valor de los estadísticos F de ANOVA de las regresiones fueron todos significativos y procedió, por tanto, el análisis de las trayectorias de las diferentes variables.

El indicador *PUB* determinó una trayectoria ligeramente creciente a lo largo de los años. *HiCi* sufrió la mayor variación y su trayectoria fue irregular: ascendió fuertemente en el año 2017 y alcanzó su máximo valor en el año 2019, para descender ligeramente en la situación de referencia. Este cambio en la trayectoria provocó una aproximación hacia *PUB* y un alejamiento de *N&S*, que mostró también, una trayectoria irregular, pero menos pronunciada. El resto de las variables –*Award*, *PPC* y *Alumni*– tuvieron trayectorias con ligeras modificaciones a lo largo de los años.

Respecto a las universidades, la Universidad de Harvard no varió su trayectoria y se mantuvo alejada del resto de instituciones. La Universidad de Stanford mostró una trayectoria irregular a lo largo de los años, disminuyendo y aumentando los valores en *HiCi*, pero siempre cercana a esta variable. Berkeley sufrió una variación respecto a los indicadores del ranking: el año 2016 se posicionó sobre *Award*, el año siguiente se aproximó a *N&S*, en los años 2018 y 2019 se caracterizó por *Alumni* y, en el año de referencia, volvió a aproximarse a *Award*, aunque con menor valor que en el año 2016.

La Universidad de Cambridge también sufrió una variación considerable en su trayectoria: el año 2016 se aproximó a *N&S* y, a partir de ese momento, se acercó cada vez más a *Award*. La aproximación a esa variable consiguió consolidarla en el tercer puesto de la clasificación general. Los centros MIT, Princeton, Caltech y Chicago apenas variaron sus trayectorias en los años considerados: MIT se mantuvo siempre próxima a *Award*; Princeton y Caltech cercanas al eje Y; y Chicago alejada de todas las variables analizadas y del resto de las universidades.

La Universidad de Oxford mostró una trayectoria ascendente en el año 2016, pero el año de referencia disminuyó su valor y se alejó más de las variables analizadas, pasando de la séptima a la novena posición y, alcanzando así, su peor clasificación. Las universidades de Cornell, Hopkins, College London y Los Ángeles modificaron ligeramente su trayectoria, pero siempre con posiciones alejadas con respecto a las variables analizadas.

Ranking THE

La información capturada para los tres primeros ejes aparece en la Tabla 34. Se retuvieron tres ejes, pues se consiguió una inercia acumulada elevada, 87,21%, suficiente para caracterizar, con garantías, el posicionamiento de las universidades en el ranking THE, en relación con todas las variables consideradas.

Tabla 34. Varianza explicada Ranking THE.

Ejes	Valor Propio	Var. Explicada	Var. Acumulada
Eje 1	5,41	41,81	41,81
Eje 2	4,27	25,99	67,80
Eje 3	3,69	19,41	87,21

El primer eje factorial retuvo la mayor cantidad de información, por lo tanto, el gradiente horizontal fue el más interesante a la hora de explicar la ordenación de las universidades, según ese gradiente latente multivariante.

La Tabla 35 recoge la contribución de cada eje factorial a la variabilidad de los diferentes indicadores del ranking.

Tabla 35. Contribución de cada eje factorial a la variabilidad de los indicadores Ranking THE.

Variables	Eje 1	Eje 2	Eje 3
Enseñanza	766	111	0
Investigación	443	449	17
Citas	542	211	2
Ingresos de la industria	121	46	806
Perspectiva internacional	219	482	145

Atendiendo a las contribuciones del factor al elemento para las columnas, todas las variables excepto *Ingresos de la industria*, pudieron interpretarse en el plano factorial 1-2 y mostraron una buena calidad de representación. *Enseñanza* y *Citas* recibieron alta contribución al eje 1. En *Perspectiva internacional*, el eje 2 aportó información de interés, mientras que en *Ingresos de la industria* fue el eje 3 el más interesante. *Investigación* fue una variable de plano y, por ende, sin capacidad discriminante.

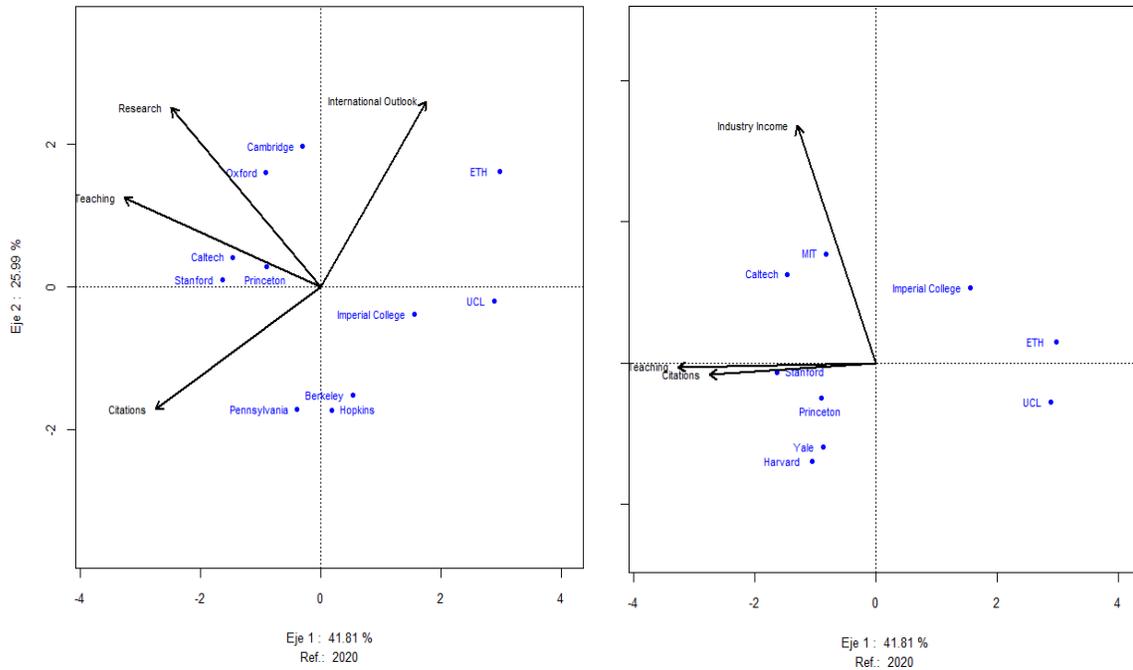


Figura 26. Representación factorial HJ-Biplot Ranking THE (2020), planos 1-2 y 1-3

En la Figura 26, se muestra el HJ-Biplot para la matriz de datos del año 2020. Se observó una relación directa entre *Investigación* y *Enseñanza*, variables que aportan un 30% cada una a la clasificación. Además, existió una relación directa entre ambas variables y *Citas*, aunque en el caso de *Investigación* la relación es muy débil, pese a que ambas hacen referencia al ámbito investigador. Por otro lado, *Citas* y *Perspectiva internacional* correlacionaron de forma negativa y esta última variable e *Investigación* lo hicieron de forma positiva, aunque muy débil. *Enseñanza* y *Perspectiva internacional* mostraron una relación indirecta pero también muy débil. El indicador *Ingresos de la industria* apareció bien representado en el plano 1-3 y correlacionó de forma positiva con *Enseñanza* y *Citas*, las dos variables con óptima calidad de representación en ese plano.

En cuanto a las filas, de las 15 universidades analizadas, únicamente la Universidad de Chicago no quedó bien representada. Las universidades aparecieron posicionadas en diferentes partes del gráfico y se establecieron varias agrupaciones en función de sus características similares.

En el análisis del plano 1-2 las universidades de Oxford y Cambridge aparecieron caracterizadas por *Investigación*. Princeton, Caltech y Stanford se posicionaron próximas entre ellas y alrededor de *Enseñanza*. *Perspectiva internacional* caracterizó a ETH y Pennsylvania se situó próxima a *Citas*. En el plano que no recogió a ninguna variable, se posicionaron cuatro universidades: Imperial College, UCL, Berkeley y Johns Hoppinks. Estos centros obtuvieron, por tanto, malas puntuaciones en todos los indicadores.

El plano 1-3 permitió el análisis de tres nuevas universidades: MIT apareció claramente posicionada sobre *Ingresos de la industria*; y las universidades de Harvard y Yale, al contrario que en ARWU, aparecieron próximas entre ellas y caracterizadas por *Citas*

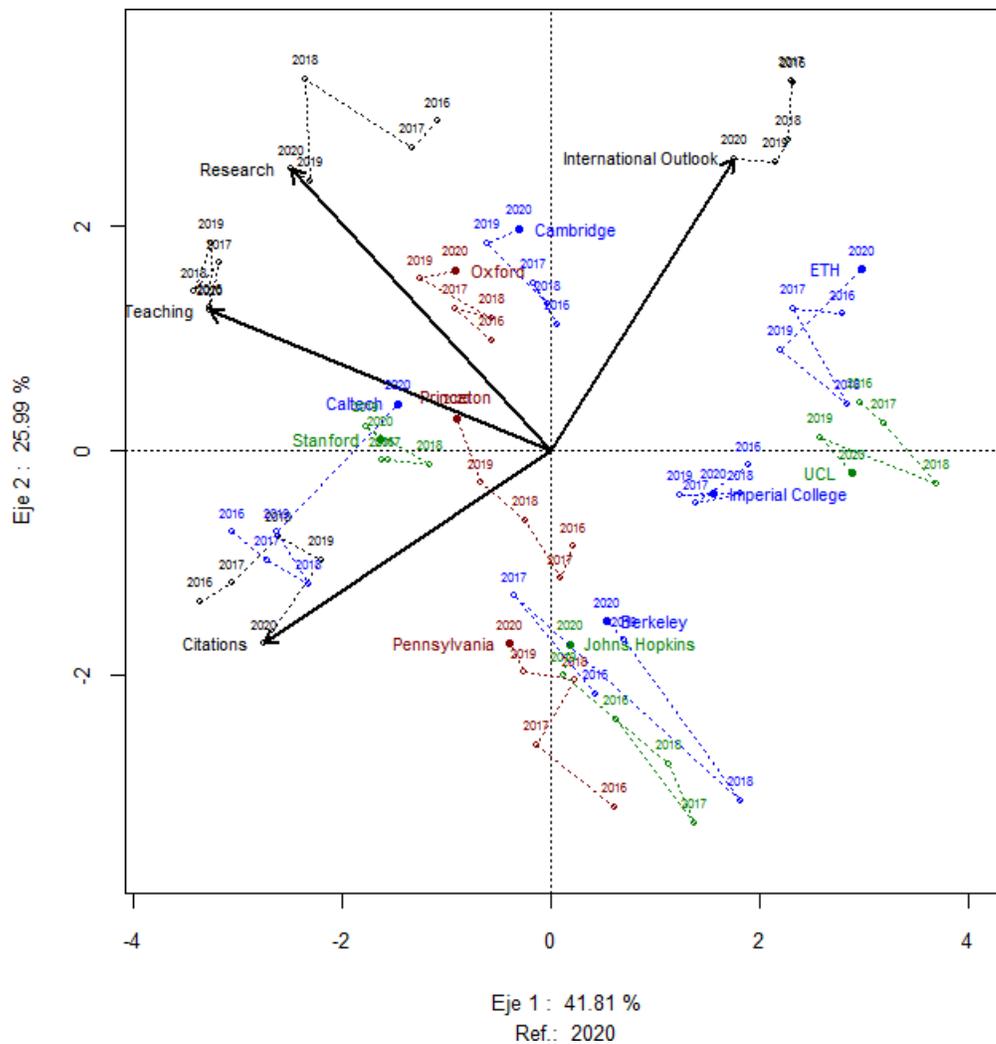


Figura 27. Representación factorial Biplot Dinámico Ranking THE, plano 1-2

En la Figura 27, se muestra el análisis dinámico que permitió proyectar la situación de las variables en cada uno de los años, obteniendo sus trayectorias. Los p-valor de los estadísticos F de ANOVA de las regresiones fueron todos significativos y procedió, por tanto, el análisis de las trayectorias de las diferentes variables.

El indicador *Investigación* sufrió una notable modificación en su trayectoria en el periodo analizado, aproximándose a *Enseñanza* y alejándose del eje Y. Esta última variable tuvo una trayectoria irregular y con poca variación, aproximándose más al eje X en el año de referencia. *Citas* mostró una tendencia creciente hasta el año 2018 y decreciente, a partir de ese momento. *Perspectiva internacional* siguió una tendencia decreciente hasta el periodo de referencia.

Respecto a las universidades, Oxford y Cambridge siguieron trayectorias similares, crecientes en casi todos los años, pero con un ligero distanciamiento de *Investigación*. Princeton y Caltech sufrieron importantes cambios a lo largo del periodo analizado y modificaron sus posiciones de *Citas* hacia *Enseñanza*. Stanford también apareció próxima a este indicador, pero su trayectoria fue menos variable. ETH tuvo una tendencia creciente desde el año 2018 y un aumento en *Perspectiva internacional*. UCL e Imperial College, sin embargo, fueron disminuyendo su valor en esta variable y alejándose de ella. Pennsylvania se aproximó a *Citas*, pero obteniendo su peor valor en el año de referencia. Por último, Berkeley y Hopkins, sufrieron importantes variaciones en sus trayectorias y acercaron sus posiciones, pero manteniéndose todavía alejadas de las variables analizadas.

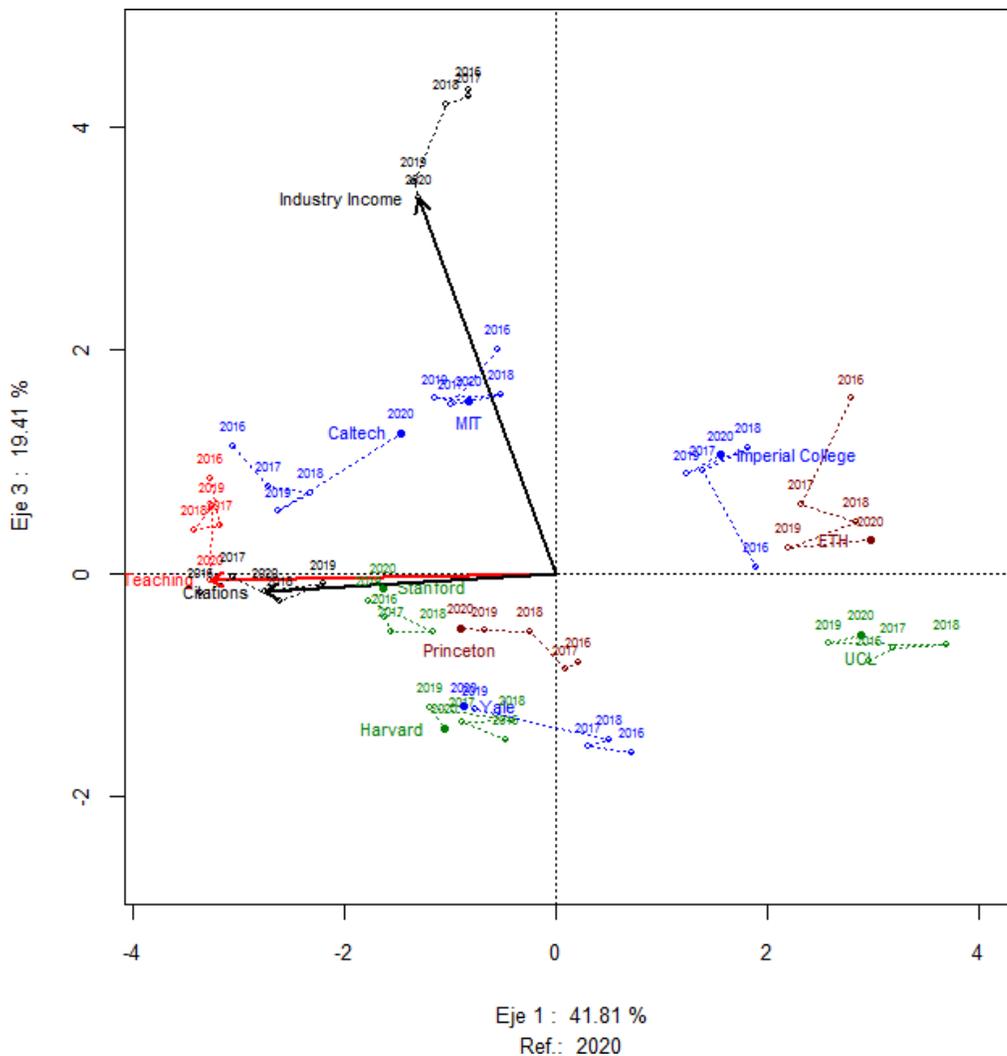


Figura 28. Representación factorial Biplot Dinámico Ranking THE, plano 1-3

El plano 1-3 permitió analizar la trayectoria de varias universidades: MIT marcó una tendencia decreciente en el primer periodo analizado y obtuvo, en los años siguientes, un menor valor en *Ingresos de la industria*; Harvard mostró una trayectoria con ligeras modificaciones y un menor valor en *Citas* en los años 2017, 2019 y 2020; y Yale sufrió una fuerte modificación en el año 2018 con una aproximación importante hacia *Citas*.

Ranking QS

Se retuvieron tres ejes, pues se consiguió una inercia acumulada elevada de 81,33%, suficiente para caracterizar, con garantías, el posicionamiento de las universidades, considerando todas las variables consideradas. El primer y segundo eje factorial retuvieron una cantidad de información similar, por tanto, ambos fueron interesantes a la hora de explicar la ordenación de las universidades.

Tabla 36. Varianza explicada tres primeros ejes Ranking QS.

Ejes	Valor Propio	Var. Explicada	Var. Acumulada
Eje 1	5,50	36,06	36,06
Eje 2	5,15	31,61	67,66
Eje 3	3,39	13,66	81,33

La Tabla 37 recoge la contribución de cada eje factorial a la variabilidad de los diferentes indicadores del ranking.

Tabla 37. Contribución de cada eje factorial a la variabilidad de los indicadores QS.

Variables	Eje 1	Eje 2	Eje 3
Academic reputation	468	333	40
Employer reputation	463	393	32
Faculty-student	191	237	381
Citations	2	537	111
International faculty	538	195	104
International students	502	201	151

Atendiendo a las contribuciones del factor al elemento para las columnas, se observó que todas las variables, excepto *Faculty-student* pudieron interpretarse en el plano factorial 1-2 y mostraron una buena calidad de representación. *Employer reputation*, *International faculty* e *International students* fueron variables de plano. En *Citations*, el eje 2 aportó información de interés y en *Faculty-student*, fue el eje 3 el que mostró la mayor información.

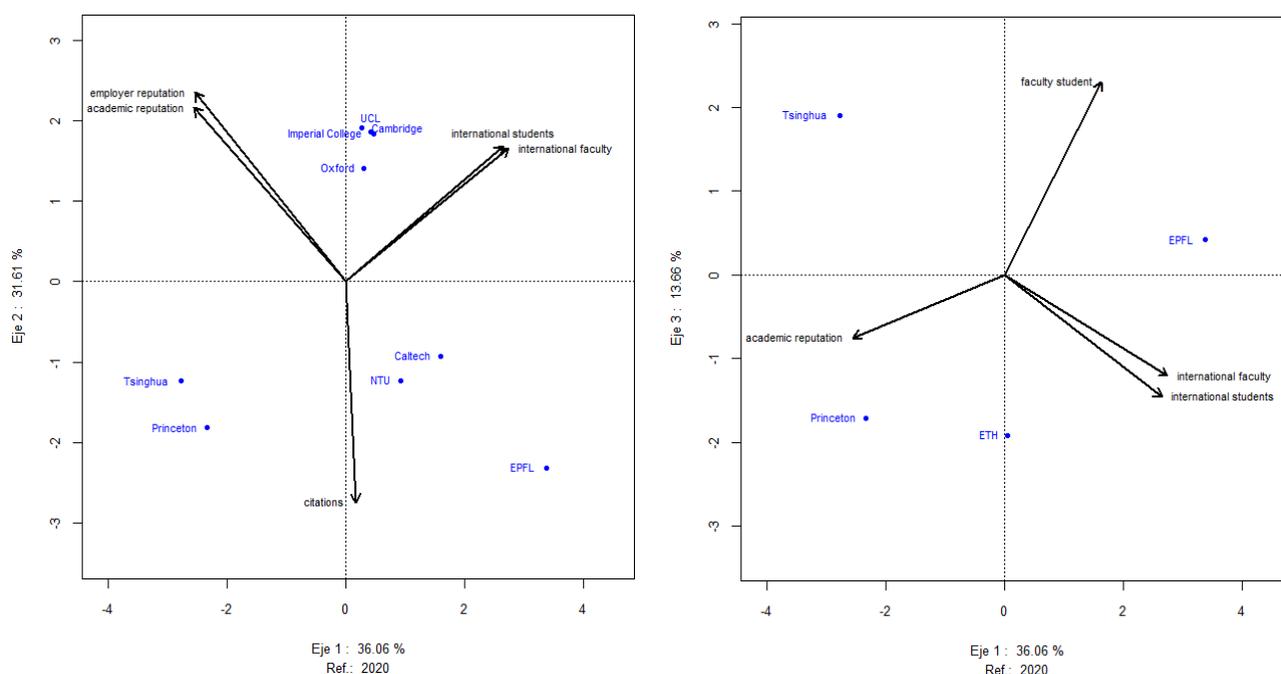


Figura 29. Representación factorial HJ-Biplot Ranking QS (2020), planos 1-2 y 1-3

En la Figura 29, se muestran los gráficos factoriales del año de referencia. La relación entre *Academic reputation* y *Employer reputation*, dos variables que ponderan el 50%, fue directa y muy fuerte. También correlacionaron de forma directa y muy fuerte *International faculty* e *International students*, los dos indicadores relacionados con la internacionalización. *Citations* correlacionó de forma indirecta con las cinco variables anteriores. Asimismo, *Employer reputation* mostró una ausencia de relación con *International faculty* e *International students* y estas dos variables correlacionaron de forma indirecta,

pero muy débil, con *Academic reputation*. El plano 1-3 fue de especial interés para analizar *Faculty-student*, variable que correlacionó de forma indirecta con *Academic reputation*, *International student* e *International faculty*, si bien con esta última existió casi una ausencia de relación.

En cuanto a las filas, de las 15 universidades analizadas, cinco no quedaron bien recogidas en los tres primeros ejes. Las universidades aparecieron en diferentes partes del gráfico y se establecieron varias agrupaciones, en función de sus características similares.

Las universidades de Cambridge, Imperial College y UCL mostraron, por su posición en el gráfico, características muy similares, en cuanto a las variables analizadas. Se caracterizaron por bajos valores en *Citations* y aparecieron próximas a los indicadores relacionados con la internacionalización. La Universidad de Oxford también apareció en esa zona del gráfico, pero un poco más alejada de las instituciones anteriores. Los centros Caltech, NTU y EPFL se situaron más cerca de *Citations*. Los dos primeros presentaron posiciones próximas que indicaron similitud en cuanto a las variables analizadas, a pesar de la diferencia en la clasificación general (posición 4 y 13, respectivamente, en el año 2020). En la parte izquierda del gráfico se posicionaron las universidades de Princeton y Tsinghua, que no se caracterizaron por ninguna variable del plano 1-2.

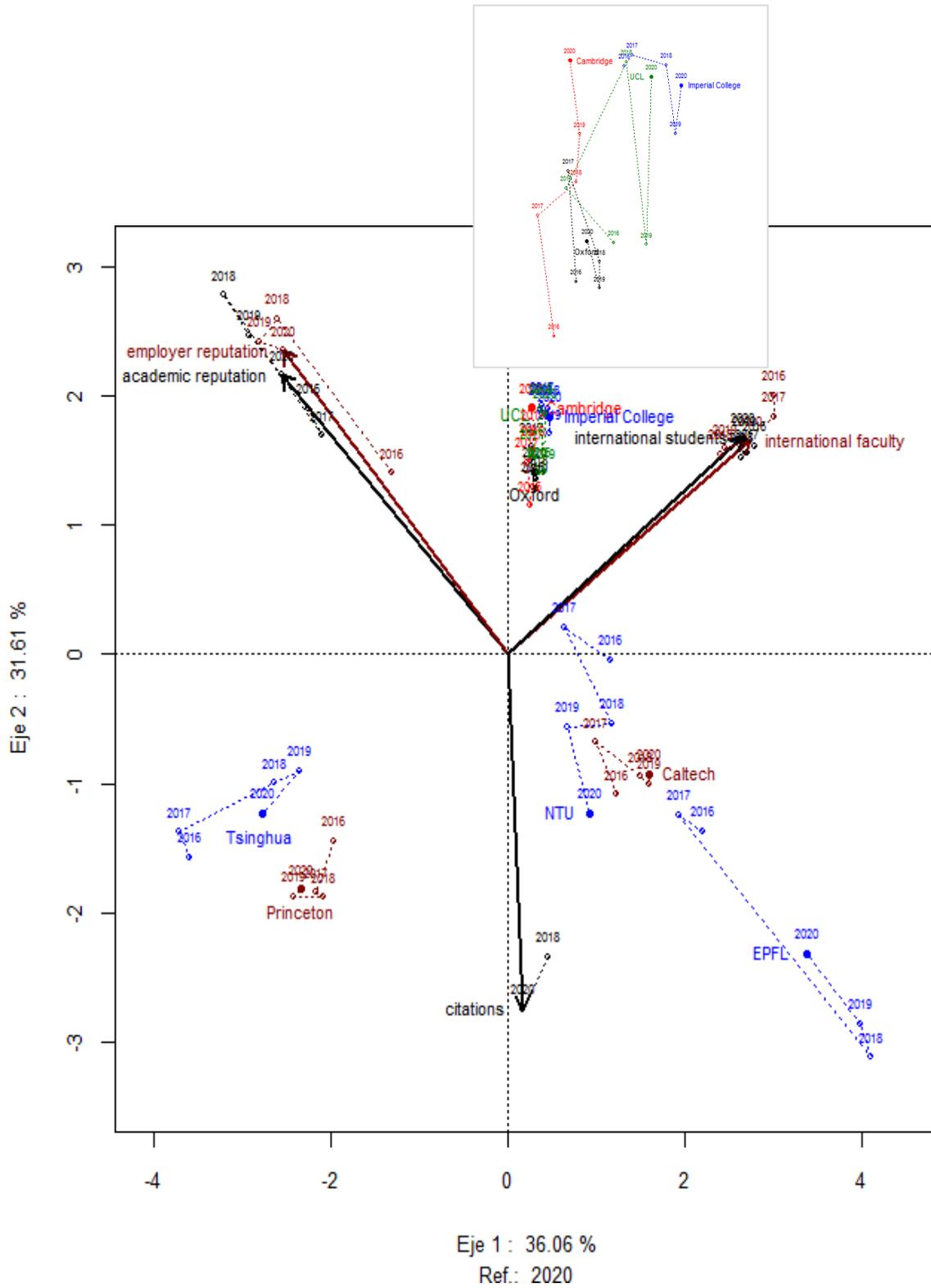


Figura 30. Representación factorial Biplot Dinámico Ranking QS, plano 1-2

El análisis dinámico permitió proyectar la situación de las variables en cada uno de los años y obtener sus trayectorias. Los p-valor de *Academic reputation*, *International faculty* e *International students* fueron todos significativos y permitieron el análisis de sus trayectorias. *Employer reputation* solo mostró un p-valor no significativo en el año 2017 y *Citations* en los años 2017 y 2019.

En la Figura 30, se muestran las trayectorias de los indicadores y las universidades con calidad de representación en el plano 1-2. *Academic reputation* sufrió del año 2017 al año 2018 un fuerte incremento, para luego volver a descender. La mayor variación en la trayectoria fue de *Employer reputation*, con un fuerte incremento hasta el año 2018 y una ligera disminución en los años siguientes, pero aproximándose a *Academic reputation*. *Citations* aumentó su valor del año 2018 al año 2020, los dos periodos con suficiente calidad de representación. *International faculty* mostró una trayectoria descendente hasta el año 2018 y ligeramente ascendente, a partir de ese momento. *International students* apenas modificó su trayectoria en el periodo analizado.

Respecto a las instituciones, la Universidad EPFL fue la que más modificó su trayectoria en el periodo analizado, produciéndose un fuerte descenso el año 2017 y un incremento a partir de ese momento, alejándose en los últimos años de Caltech. NTU también presentó una trayectoria descendente bastante notable desde el año 2018, alejándose de las variables relacionadas con la internacionalización y aproximándose a *Citations*. Princeton obtuvo el mayor descenso en el año 2016 y a partir del 2017 sus valores sufrieron poca variación. Tsinghua, última clasificada en el Top-15, invirtió su tendencia creciente en el año 2019. Las universidades de Oxford, Cambridge, Imperial College y UCL, centros que aparecieron próximos a los indicadores de internacionalización, no mostraron grandes variaciones en sus trayectorias ni cambiaron sus posiciones respecto a las variables.

CAPÍTULO 9

PROPUESTA DE INDICADORES DE GESTIÓN Y EFICIENCIA INSTITUCIONAL

9.1. Gestión universitaria en la sociedad del conocimiento y la globalización

La calidad en la gestión universitaria favorece la toma de decisiones que vayan en beneficio directo del mejoramiento continuo, incorporando mecanismos e instrumentos aseguradores de calidad, lo que implica contratación de personal competente y calificado, optimización de recursos y logro de satisfacción de los clientes.

Esto se contrapone con el desarrollo histórico y actual de las universidades, que aún resuelven de forma aislada los requerimientos específicos de cada una de las áreas de gestión, omitiendo antecedentes importantes para el análisis, evaluación y proyección. Así, se generan dificultades al momento de agregar mejoras y cambios en la gestión.

Las universidades y su gestión estratégica son un eslabón importante en el desarrollo y competitividad de los países que crecen vertiginosamente en esta denominada sociedad del conocimiento, dado que son las entidades responsables de formar capital humano desarrollado, realizar investigaciones científicas y promover la innovación tecnológica, para así acceder efectivamente a las redes de la sociedad (Arata y Rodríguez, 2009). Por ello, es que el éxito de las decisiones, estrategias y gestiones que se resuelvan dependen de un acceso de calidad a la educación y valoración del conocimiento. Esta presión social creciente, en un contexto competitivo en niveles globales, demanda de las universidades que asuman el desafío de mejorar y desarrollar mecanismos de dirección y gestión, convirtiéndose en un requisito básico para optar a la excelencia de estas instituciones.

Las condiciones de gestión de las universidades se han visto enfrentadas a “complejos procesos internos para asumir una mirada estratégica acerca de su desarrollo y generar las condiciones para mayor calidad de gestión” (Arata y Rodríguez, 2009, p. 23-24).

CAPÍTULO 9. PROPUESTA DE INDICADORES DE GESTIÓN Y EFICIENCIA INSTITUCIONAL

Resulta una tarea titánica para las universidades conciliar estos factores, puesto que ellas mismas deben convertirse en un objeto de estudio y, a su vez, ser las instituciones generadoras de conocimiento y formación del capital humano profesional, que se inserta a esta actual sociedad del conocimiento (Arata y Rodríguez, 2009). Por lo tanto, no es menor que estas instituciones de formación superior contemplen y valoren su condición de ser susceptibles de estudios, cambios y mejoras.

En este sentido, el poder de una gestión de calidad en las universidades cobra un rol de importancia al momento de alcanzar el éxito y cumplir las expectativas que se han propuesto y que la sociedad requiere. En consecuencia, los cambios adecuados se pueden garantizar, fortaleciendo los procesos de gestión estratégica de las universidades, aunados a la capacidad de decisión que permitan concretar el éxito del organismo formador desde una mirada de convencimiento interno. Al respecto, los autores mencionados plantean:

Nuestra hipótesis es que la dirección estratégica y la capacidad de gestión institucional de las universidades construyen los componentes decisivos de la calidad de la institución y de sus principales servicios: la docencia, la investigación y la relación con el entorno. Sin una adecuada estrategia y estructura organizacional, la gestión institucional queda reducida a un proceso de administración de lo existente, sin perspectivas de mejoramiento y sin capacidad real para enfrentar un contexto cambiante, tal como la sociedad global en la que estamos insertos. (Arata y Rodríguez, 2009, p. 24)

Arata y Rodríguez (2009) comparten lo señalado por la evidencia internacional, en relación con que queda mucha tarea por hacer en lo que respecta a los procesos de dirección estratégica. Es así, que mencionan procesos que requieren ser atendidos y mejorados, que destacarán a continuación.

9.2. La gestión de la información en la sociedad del conocimiento

A partir de lo señalado en los párrafos anteriores, surge la necesidad de una nueva gestión enfocada en el factor de la información, llamada gestión de la información y del conocimiento:

La transformación y evolución de los conceptos de gestión, asociados al desarrollo de la sociedad, también se han visto influenciadas por la incorporación, en el mundo globalizado, de los sistemas de aseguramiento de calidad, a nivel de procesos y de gestión en general. La necesidad de implantar modelos para la gestión de la calidad en las instituciones de educación superior pone de manifiesto la estrecha relación que existe entre la gestión de la información, del conocimiento y de la calidad en el quehacer de una organización. Sin datos de calidad, sin información y/o sin conocimientos de la organización, es imposible gestionar calidad. (Mora, et al., 2009, pp. 404-405)

Mora et al. (2009), detallan las razones por la que es necesario considerar seis aspectos relevantes que deben sopesar las universidades “respecto de la disponibilidad y uso de la información operacional, en los distintos niveles de gestión” (p. 403). Estos aspectos son:

1. *Conocimientos, información y calidad:* resulta importante que la organización pueda acomodarse a los cambios internos continuos y satisfacer las demandas sociales. Es por ello por lo que el conocimiento, la información y la calidad buscan asegurar el correcto cumplimiento de implementación y la calidad de mecanismos.
2. *Gestión e información:* este proceso busca examinar y emplear la información recolectada para la toma de decisiones certeras. En el procedimiento se considera: determinar la información que se precisa; recoger y analizar la información; registrar y recuperar la información cuando sea necesaria; utilizar la información y divulgarla.

CAPÍTULO 9. PROPUESTA DE INDICADORES DE GESTIÓN Y EFICIENCIA INSTITUCIONAL

3. *Gestión estratégica y aseguramiento de calidad:* la norma ISO 9004 establece como principios de calidad de las organizaciones: enfoque al cliente; liderazgo; participación del personal; enfoque a los procesos; enfoque de sistema para la gestión; mejora continua; toma de decisiones basadas en hechos; relaciones mutuamente beneficiosas con el proveedor. La aplicación objetiva de estos principios promueve mejoras significativas para la institución, ya que es en este momento cuando las autoridades de estos organismos toman decisiones apropiadas, sobre la base de datos concretos (indicadores) y en beneficio del logro de procesos particulares: formación profesional, investigación, postgrado y extensión. Asimismo, si se vinculan gestión y evaluación, logro de metas y generación de planes de acción eficaces, aumenta la probabilidad del logro efectivo y eficiente de un sistema de gestión que garantice calidad de servicio que la universidad entrega a la sociedad.

4. *Toma de decisiones basada en la información:* las universidades se ven enfrentadas permanentemente a la necesidad de evaluar su gestión con una mirada integral y transversal. Ante esto, queda expuesta la necesidad de optimizar los procesos de gestión de la información y del conocimiento de la institución vinculadas a resultados, proyecciones o tendencias que impactan a la institución completa. Esto se transforma en una tarea épica de realizar al momento de centralizar la información requerida, dado que se encuentra dispersa en distintos sistemas: admisión, matrícula, personal, investigación, extensión, u otros. A ello, se agrega la dificultad de que esta información se encuentran en distintos formatos y tecnologías de almacenamiento. Asimismo, se podría requerir generar información específica que no se encuentra en los sistemas automatizados. Al respecto, Mora et al. (2009) indican que: “las herramientas que permiten consolidar, analizar y dar acceso a extensas cantidades de datos para ayudar a los niveles de gestión a tomar mejores decisiones de gestión de la organización, con frecuencia se denominan Inteligencia de Negocios (BI)” (2009, pp. 411- 412).

CAPÍTULO 9. PROPUESTA DE INDICADORES DE GESTIÓN Y EFICIENCIA INSTITUCIONAL

5. *Análisis institucional en la educación superior: Mora et al. (2009) definen análisis institucional como:*

El proceso de investigación al interior de una institución superior, que proporciona información relativa al seguimiento y a la evaluación de los resultados de los programas y de los recursos utilizados, de modo de dar solidez y fundamento a las políticas institucionales y a la formulación de planes estratégicos. (p. 415)

Afirman que se reconoce instaurado el proceso de análisis institucional en educación superior cuando:

La investigación y evaluación se lleva a cabo efectivamente sistemáticamente, en forma continuada y periódica; se utiliza en la revisión de objetivos y metas estratégicas; se basa en hechos y resultados concretos; y está fundamentada en un sistema de información sólido y confiable. (ídem, p. 415)

6. *Planificación estratégica y benchmarking: la planificación estratégica corresponde a la relación entre la institución y su entorno, convirtiéndose en un comportamiento proactivo para la resolución de problemas y un vehículo que facilita la competitividad favorable a la institución. Mientras que el benchmarking se entiende como una herramienta de investigación, a la cual se registran tres aportes significativos para las universidades:*

- a) Aporta herramientas para determinar tendencias de rendimiento y, en base a esto, generar o iniciar un proceso de mejoramiento continuo de sí mismos;
- b) Ayuda a la comparación de procesos y rendimientos en algunos o todos los ámbitos del grupo de universidades, generando redes de apoyo y acciones que contribuyen al mejoramiento continuo y;

CAPÍTULO 9. PROPUESTA DE INDICADORES DE GESTIÓN Y EFICIENCIA INSTITUCIONAL

- c) Proporciona puntos de referencia que pueden ser utilizados por la institución a fin de determinar su competencia y su posicionamiento. (p. 419)

Por otra parte, como lo señala (Ruff, Ruiz et al. 2021), la universidad contemporánea se ha enfrentado al desafío de generar una gestión holística y eficiente, en relación, por un lado, con los problemas y asuntos que enfrenta la sociedad actual, y por otro, la incorporación de estándares avanzados de calidad que son necesarios para abordar futuros retos y como las características administrativas de una institución pueden impactaron positivamente en la calidad, la docencia y la investigación, demostrando el caso de la Universidad Bernardo O'Higgins en la posición de los rankings nacionales e internacionales en los últimos diez años.

9.3. Propuesta de Indicadores para Gestión Institucional

Mejorar la gestión y administración de los datos genera un efecto inducido sobre la gestión institucional, es por ello por lo que la tendencia en las universidades es que exista una Dirección o unidad de Análisis institucional que permita elaborar estadísticas, información y datos de comparación entre diferentes instituciones globales a la cual se enfrentan las universidades.

En ese contexto, como fue identificado detalladamente en los diferentes análisis realizados y presentados, la dimensión Investigación y Docencia están fuertemente correlacionados, llegando a interpretarse como una sola, dado que el tener académicos-investigadores cualificados, generadores de productividad científica crea un efecto relevante en la posición en los rankings y el prestigio de las universidades a nivel internacional.

Por otra parte, el considerar la Relación con el Medio, no solo en un ámbito nacional, sino que se hace necesario considerarlo también a nivel internacional, esto desde la perspectiva de académicos, estudiantes e incluso empleadores internacionales lo que permite ampliar la base de conocimiento y

CAPÍTULO 9. PROPUESTA DE INDICADORES DE GESTIÓN Y EFICIENCIA INSTITUCIONAL

experiencia con la Universidad medida a través de ellos. A modo ejemplar, en el caso del Ranking QS lo descrito se logra a través de una encuesta de reputación académica y de empleadores que se aplica a nivel mundial, dichos instrumentos tienen una ponderación del 50% del peso total de los indicadores que son parte de ese Ranking, por lo tanto, esto se debe gestionar, administrando eficientemente los datos de contacto y de relación institucional, caso contrario el poder administrar y trabajar con ellos será difícil o por no decirlo imposible.

Por otra parte, es importante identificar el perfil o clúster al cual quiere tender la institución en el largo plazo, para lo cual es relevante mirar y comparar a la Universidad en el contexto de la Educación Superior, no solo a nivel nacional, sino que considerando el efecto globalización en la toma de decisiones y de esfuerzo financiero para crecer y desarrollarse de manera sostenida y armónica en el largo plazo incrementando la docencia, investigación, internacionalización entre otros.

Como fue demostrado durante el desarrollo de este trabajo, los rankings internacionales son, parte de la gestión institucional e influyen en variados campos, variables y actores que compiten entre sí, dentro de la lógica y el mercado institucional. Además, los rankings entregan nuevas herramientas y criterios para gobernar la institución. Inclusive, hacen girar las inversiones en busca de la reputación internacional del campo académico, desde la lógica impuesta por medio de sus propios planes estratégicos.

Por lo tanto, para una institución que pretenda mejorar su posición en los diferentes rankings internacionales de universidades, debe centrar sus esfuerzos en gestionar y administrar eficientemente los siguientes indicadores estratégicos, los cuales generan un apalancamiento adicional en los rankings internacionales estudiados.

Tabla 38. Indicadores Relevantes Institucionales

Funciones Esenciales	Indicadores Relevante
Investigación	Cantidad de publicaciones indexadas (Wos / Scopus)
	Citaciones
Proceso de Enseñanza	Académicos con Grado de doctor
Vinculación con el Medio	Internacionalización de Académicos
	Internacionalización de estudiantes
	Relación con empleadores nacionales e internacionales

Es valioso señalar que la variable *Enseñanza* posiciona el sentido de calidad en todos los rankings analizados, por otra parte, en el Ranking QS las variables se encuentra en la *Reputación del empleador*, en el ranking THE lo hace en la Investigación y en el ranking ARWU se trata de los artículos publicados en Nature & Science. Es importante enfatizar que estas variables no se corresponden con las de mayor ponderación de la construcción propia del ranking.

THE y QS determinan la investigación a través de la base de datos *Scopus* y realizan encuestas de reputación con distinta muestra y contenido, pero relacionadas con los mismos ámbitos, lo cual, se ratifica en que existe una relación de co-estructura entre las matrices de ambos rankings.

Por otra parte, una planificación estratégica basada en el estudio de la propia entidad, junto con la observación de otras instituciones o sistemas universitarios (Luque-Martínez y Faraoini, 2020) puede ser la clave del éxito en un mundo universitario cada vez más competitivo. Junto a lo anterior, los desafíos estratégicos por cumplir deben lidiar con las restricciones presupuestarias impuestas por el medio,

CAPÍTULO 9. PROPUESTA DE INDICADORES DE GESTIÓN Y EFICIENCIA INSTITUCIONAL

constituyendo un reto con los que deben batallar los equipos directivos y de administración de las universidades.

Finalmente, el aparecer y ocupar buenas posiciones en los rankings impacta positivamente sobre la ventaja competitiva y el prestigio institucional, toda vez que esto incide en captar talentos desde la perspectiva de académicos junto a mejores estudiantes y en potenciar las relaciones con los stakeholders.

CAPÍTULO 10
DISCUSIÓN

CAPÍTULO 10. DISCUSIÓN

A partir del análisis de los diversos estudios de los rankings internacionales de educación superior, nacen acciones y gestiones políticas dentro de las universidades que busca de acceder a ser consideradas como instituciones de “clase mundial”. Se tratan de políticas de calidad con mirada internacional. Es así como existen relaciones de variables entre los rankings que abren nuevos caminos investigativos, en los que pueden introducirse más rankings y todas las universidades consideradas por estos. De esta manera, la variable *Enseñanza* posiciona el sentido de calidad de todos los rankings analizados.

En el caso del ranking QS, la segunda derivada de las variables se encuentra en la *Reputación del empleador*, en el ranking THE lo hace en la *Investigación* y en el ranking ARWU se trata de los artículos publicados en *Nature & Science*. Es significativo enfatizar que estas variables no se corresponden con las de mayor ponderación de la construcción propia del ranking, lo que le entrega un gran valor a este tipo de estudios.

Es importante destacar que con la masificación, discusión y análisis acerca de los diversos rankings, existe una mayor probabilidad de conseguir avances institucionales en materia de calidad y reputación, al instar a las instituciones a volcarse hacia la competencia en la educación superior, logrando, por tanto, dar un giro organizacional y de gestión de la información. Con el aumento de estos rankings y su interacción con otros factores de carácter mundial en el plano de la educación universitaria, se necesitará mejor y más investigación empírica para entender a cabalidad el impacto real de estos en el contexto de la educación superior.

CAPÍTULO 8. ANÁLISIS DINÁMICO DE LOS RANKINGS QS, ARWU Y THE DESDE EL 2016 AL 2020

Por otro lado, haciendo referencia a los estudios centrados en las universidades latinoamericanas en los rankings internacionales de universidades, se advierte la falta de figuración de ciertas universidades chilenas jóvenes. Este hecho es producto del desarrollo bicéfalo (público y privado) que ha tenido la educación superior en Chile, en tanto que las universidades privadas se han dedicado exclusivamente a la enseñanza de pregrado, abriéndose tardíamente en el desarrollo de la investigación, siendo esta última la que genera mayores y mejores resultados en la visibilidad de las instituciones en los sistemas de clasificación internacionales. El bajo índice de correlación vinculado al área de investigación que presentan las universidades en la región ha sido ratificado por otros trabajos de investigación, sin embargo, no lo han mostrado en su expresión gráfica- matemática, como sí lo evidencia esta investigación.

En este contexto, se ha planteado que los países latinoamericanos deben avanzar en crear y fortalecer una vinculación entre el Estado y la Universidad. En este sentido, según Piscoya (2007), los países de la región (como Perú) han confundido el ideal de autonomía universitaria con una desvinculación del Estado de su rol de regulador de la calidad de la educación universitaria, lo que incide en la aparición problemas propios del lucro y de la falta de regulación en la enseñanza universitaria, en un sistema en que efectivamente se trazan capitales y en que los estudiantes corren el riesgo de caer en la desprotección y en abusos, por parte de las mismas instituciones.

En definitiva, las mediciones internacionales de universidades se han vuelto polémicas, pues las universidades de menor envergadura o más jóvenes se ven inmersas en una competencia que se construye en un sistema de *tabula rasa*, con universidades de mayor envergadura, con mayor acceso a recursos, o que provienen de países donde sus políticas de educación terciaria benefician y fomentan el desarrollo de la investigación. En esta misma línea, Piscoya (2007) ha planteado que, si continúa el sistema de medición de las universidades, por medio de rankings de competencia, es posible que, en las próximas décadas, se genere un fenómeno de categorización de las universidades, toda vez que las universidades

CAPÍTULO 8. ANÁLISIS DINÁMICO DE LOS RANKINGS QS, ARWU Y THE DESDE EL 2016 AL 2020

se segmentan en grupos, tal como si fueran una competencia de artes marciales, en la que los competidores se evalúan dentro de una gama de categorías diferenciadas por peso.

En cuanto a la estructura común de los rankings QS y The, revisando el comportamiento de 161 universidades en los rankings QS y Ranking THE del 2017, se pudo constatar que el primer eje es una gradiente orientada hacia el proceso de enseñanza y la investigación, lo cual está en directa relación con las funciones de las dos primeras misiones fundamentales que tiene las universidades. Por otro lado, el segundo eje es un gradiente de relación con el medio, nacional e internacional, que corresponde a la tercera misión de las universidades.

Por otra parte, se corrobora estadísticamente que existe relación entre las matrices de rankings analizadas, lo cual no es tan evidente al observar la composición de variables, dado que a primera vista pareciesen ser totalmente diferente, sin embargo, el comportamiento de las primeras 161 universidades rankeadas en estos dos rankings (QS y THE) denotan y ponen de manifiesto que existiría una matriz consenso o de coestructura común entre ambos Rankings.

Sobre el análisis dinámico de los rankings QS, ARWU y THE desde el 2016 al 2020, las variables de los tres rankings mostraron relaciones diferentes entre ellas. En ARWU, un indicador de cada una de las cuatro dimensiones (calidad de la docencia, calidad del profesorado, producción investigadora y tamaño de la institución) correlacionó de forma directa: antiguos alumnos con Nobel o medallas Fields, personal con Nobel o medallas Fields, artículos en *Nature & Science* y rendimiento académico per cápita. Las correlaciones indirectas que se dieron fueron débiles y hubo ausencia de relación entre los artículos altamente citados y el tamaño de la institución. Además, los artículos indexados en *Science Citation* y los antiguos alumnos con Nobel o medallas Fields tampoco mostraron relación alguna.

CAPÍTULO 8. ANÁLISIS DINÁMICO DE LOS RANKINGS QS, ARWU Y THE DESDE EL 2016 AL 2020

Asimismo, se destacan tres variables con un alto componente investigador y una ponderación total del 60% correlacionaron de forma directa en el Biplot: investigadores altamente citados (20%), artículos en *Nature & Science* (20%) y artículos indexados en *Science citations* (20%). Este comportamiento se muestra en línea con investigaciones de autores como (Docampo, 2011), que respalda el uso de ARWU para monitorear el desempeño investigador de las universidades. Uslu (2020) también concluye que las publicaciones son la fuente principal de desempeño en el ranking. En esta misma línea, (Docampo, 2008) Docampo (2008) y Jeremic et al. (2011) demuestran una correlación elevada entre los investigadores altamente citados y los artículos en *Nature & Science*. Para Hou y Jacob (2017) este último indicador puede explicar aproximadamente el 70% de la variación en la clasificación y Soh (2011) concluye que con los artículos en *Nature & Science* y los antiguos alumnos con Nobel o medallas Fields, dos variables relacionadas de forma directa en esta investigación, sería suficiente para predecir la clasificación final de ARWU.

La *Internacionalización* fue el único indicador del Ranking THE que correlacionó de forma indirecta con las citas en artículos indexados en *Scopus* y con la *Enseñanza*, si bien con esta última de forma débil. Tres variables con una ponderación total del 90% tuvieron una relación directa en el Biplot: *Citas* (30%), *Enseñanza* (30%) e *Investigación* (30%).

En relación con lo anterior, Soh (2011) realizó un análisis de correlaciones que demuestra que existe una alta relación entre docencia, investigación e ingresos de la industria y considera que solo los dos primeros indicadores serían suficientes para determinar la puntuación total. A saber, en esta investigación, pese a que existió correlación directa entre las tres variables, la relación fue mucho más fuerte entre docencia e investigación. Asimismo, Hou y Jacob (2017) demuestran que son estos dos últimos indicadores los que más contribuyen a la clasificación.

CAPÍTULO 8. ANÁLISIS DINÁMICO DE LOS RANKINGS QS, ARWU Y THE DESDE EL 2016 AL 2020

El ranking QS mostró las correlaciones directas e indirectas más fuertes entre sus indicadores. Asimismo, las variables relacionadas con las encuestas (reputación y empleadores) se relacionaron de forma fuerte y directa. Igualmente, las variables de internacionalización (profesorado y alumnado) manifestaron esa asociación. Sin embargo, los dos grupos no mostraron, entre ellos, relación alguna. Este comportamiento se muestra en línea con autores como Soh (2011), que concluye que los indicadores deberían ser independientes entre sí para contribuir a la puntuación de forma única. Las citas, única variable en el ranking que determina la investigación, correlacionaron de forma indirecta con las variables anteriores y la ratio profesor/alumno solo mostró una relación directa con el profesorado internacional, pero de forma muy débil. Dos variables con una ponderación total del 50% correlacionaron de forma directa en el Biplot: *Academic reputation* (40%) y *Employer reputation* (10%).

Las trayectorias de los indicadores de las tres clasificaciones manifestaron una estabilidad diferente. En ARWU, solo los investigadores altamente citados modificaron su trayectoria de manera significativa en el periodo analizado. Sin embargo, THE y QS tuvieron mayores cambios en la mayoría de sus indicadores. En esta misma línea, (Aguillo et al., 2010) consideran que las disimilitudes entre QS y THE son mayores y, por tanto, son sistemas más inestables que ARWU.

Las universidades del Top-15 mostraron características diferentes en cuanto a las variables analizadas y se posicionaron en distintas zonas de los gráficos. Las trayectorias en ARWU fueron en general más estables que en THE y QS durante el periodo analizado. Además, las universidades que aparecieron en más de una clasificación tuvieron un comportamiento diferente en cada una de ellas.

La Universidad de Harvard, por ejemplo, se situó en ARWU muy alejada del resto de centros, sin cambios de posición y altos valores en los investigadores altamente citados y los artículos publicados en *Nature & Science*. En contraste, en el ranking THE, la trayectoria sufrió mayor variación y apareció próxima a las citas en artículos indexados en *Scopus* y a la Universidad de Yale. Por su parte, la Universidad de

CAPÍTULO 8. ANÁLISIS DINÁMICO DE LOS RANKINGS QS, ARWU Y THE DESDE EL 2016 AL 2020

Stanford se posicionó sobre los investigadores altamente citados de ARWU, con un valor ligeramente decreciente en la variable; y en THE se fue aproximando a la enseñanza y se mantuvo cercana a Caltech y Princeton, dos centros de los que se mantuvo muy alejada en ARWU.

Una de las pocas instituciones que modificó su trayectoria en ARWU fue Cambridge que, muy próxima a MIT y Berkeley, fue orientándose al profesorado con Nobel y medallas Fields y alejándose de los artículos publicados en *Nature & Science*. En THE, sin embargo, la institución se mantuvo muy alejada de Berkeley, con un comportamiento similar a Oxford; y en QS se situó próxima a Imperial College y UCL, caracterizándose, además, por las variables relacionadas con la internacionalización. La Universidad de Princeton destacó en ARWU por la variable relacionada con el tamaño de la institución en una posición próxima a Caltech. No obstante, en el ranking THE hubo un cambio en su trayectoria, y se situó sobre la variable de la enseñanza; y en QS apareció cercana a Tsinghua, universidad que no formó parte del Top-15 ni en ARWU ni en THE.

La Universidad de Oxford no apareció en ARWU muy próxima a ninguna variable, solo en THE destacó en investigación, pero en QS apareció más caracterizada por los indicadores relacionados con la internacionalización y, muy alejada, además, de las citas en publicaciones indexadas en *Scopus* y cercana a la Universidad de Cambridge. Asimismo, MIT tuvo un comportamiento distinto en ARWU y THE, pues en el primero se situó sobre el profesorado con Nobel y medallas Fields, mientras que en el segundo destacó por los ingresos de la industria.

Se concluye, por tanto, que las universidades que han alcanzado un estatus de clase mundial muestran características y trayectorias diferentes cuando se analizan de forma multivariante y dinámica, en diferentes clasificaciones internacionales. Igualmente, los tres rankings internacionales de mayor impacto, que impulsan el prestigio y reputación de dichas universidades de clase mundial, emplean diferentes fuentes e indicadores. El ranking ARWU se nutre de la *Web of Science* y se centra en una

CAPÍTULO 8. ANÁLISIS DINÁMICO DE LOS RANKINGS QS, ARWU Y THE DESDE EL 2016 AL 2020

investigación de excelencia, marcada por los investigadores altamente citados y los premios Nobel y Medallas Fields, que son también obtenidos por grandes investigadores.

THE y QS determinan la investigación a través de la base de datos *Scopus* y realizan encuestas de reputación con distinta muestra y contenido. Por todo ello, la elección de los indicadores, la relación entre ellos y sus ponderaciones son factores importantes a tener en consideración, pues pueden contribuir a la clasificación final.

Los rankings mundiales se han convertido en instrumentos habituales para evaluar la excelencia de los sistemas universitarios, destacando que el correcto uso de los mismos debe considerar siempre su metodología de elaboración y sus limitaciones (Luque-Martínez et al., 2018). En consecuencia, asegurar un estatus universitario de clase mundial es el deseo de todas las instituciones y países, pero se trata de un deseo inalcanzable para la mayoría.

La reputación institucional es un activo intangible (García, 2015) que se retroalimenta: cuanto mayor relevancia tiene una institución, más impacto tiene en los medios de comunicación y, a su vez, más posiciones sube en las siguientes ediciones de rankings. Sin embargo, un análisis dinámico de las universidades en los diferentes listados internacionales permite realizar evaluaciones comparativas útiles para establecer mejoras o diseñar acciones diferenciadoras. Asimismo, una planificación estratégica basada en el estudio de la propia entidad, junto con la observación de otras instituciones o sistemas universitarios (Luque-Martínez et al., 2020) puede ser la clave del éxito en un mundo universitario cada vez más competitivo.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

1. Los rankings internacionales han impuesto una lógica de calidad que influye en la dinámica de las universidades, entregando nuevas herramientas y criterios para gobernar la institución.
2. Revisando el comportamiento de los rankings QS y THE, se pudo constatar que el primer eje es una gradiente orientada hacia el proceso de enseñanza e investigación, dos de las misiones fundamentales de las universidades. Por otra parte, el segundo eje es un gradiente de relación con el medio, nacional e internacional, que corresponde a la tercera misión de estas instituciones.
3. Se corrobora estadísticamente que existe relación entre los rankings QS y THE, lo que no es evidente al observar la composición de variables de manera independiente. Esto pone de manifiesto que existe una matriz de consenso o de co-estructura entre ambos. Lo anterior, refleja que, en esencia, miden la misma estructura, es decir, tratan de evaluar las dimensiones de Docencia, Investigación y Relación con el Medio.
4. La investigación demostró la utilidad práctica del Biplot Dinámico para el análisis de universidades e indicadores de un ranking, así como para el estudio de sus trayectorias.
5. En ARWU, las variables que correlacionaron de forma directa fueron: antiguos alumnos con Nobel o medallas Fields, personal con Nobel o medallas Fields, artículos en Nature & Science y rendimiento académico per cápita.
6. En THE la Internacionalización correlacionó de forma indirecta con las citas en artículos indexados y con la Enseñanza. Por otra parte, tres variables presentaron una relación directa: Citas, Enseñanza e Investigación.
7. El QS mostró que las variables relacionadas con las encuestas (reputación y empleadores) se relacionaron de forma fuerte y directa. De igual manera, las variables de internacionalización (profesorado y alumnado) manifestaron esta asociación. Sin embargo, los dos grupos no

CONCLUSIONES

evidenciaron, entre ellos, relación alguna. Las citas, única variable en el ranking que determina la investigación, correlacionó de forma indirecta con las variables anteriores.

8. Las trayectorias de los indicadores de las tres clasificaciones manifestaron una estabilidad diferente. En ARWU, solo los investigadores altamente citados modificaron su trayectoria de manera significativa en el periodo analizado. Sin embargo, THE y QS tuvieron mayores cambios en la mayoría de sus indicadores.
9. Conocer la elección de los indicadores, su relación y sus ponderaciones son factores esenciales a considerar en la toma de decisiones institucionales, ya que contribuyen, no solo en su clasificación final en los rankings, sino, además, aportan antecedentes significativos a la gestión y administración estratégica de las universidades.

REFERENCIAS

- Aguillo, I. F., Bar-Ilan, J., Levene, M., y Ortega, J. L. (2010). Comparing university rankings. *Scientometrics*, 85(1), 243–256. <https://doi.org/10.1007/s11192-010-0190-z>
- Altbach, P. G. (2007). Globalization and the University: Realities in an Unequal World. In J. J. F. Forest y P. G. Altbach (Eds.), *International Handbook of Higher Education* (pp. 121–139). https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4012-2_8
- Anguera, M. T. (1989). Innovaciones en la metodología de evaluación de programas. *Anales de Psicología / Annals of Psychology*, 5(0), 13–42.
- Arata, A., y Rodríguez, E. (2009). Desafíos y Perspectivas de la Dirección Estratégica de las Instituciones Universitarias. In *Desafíos y Perspectivas de la Dirección Estratégica de las Instituciones Universitarias* (p. 11).
- Barsky, O. (2014). Los Rankings internacionales de las universidades y el rol de las revistas científicas. *La Evaluación de La Calidad Académica En Debate*, 6(mayo), 163–166.
- Bougnol, M. L., y Dulá, J. H. (2015). Technical pitfalls in university rankings. *Higher Education*, 69(5), 859–866. <https://doi.org/10.1007/s10734-014-9809-y>
- Brunner, J. J. (2000). *GLOBALIZACIÓN Y EL FUTURO DE LA EDUCACIÓN: TENDENCIAS, DESAFÍOS, ESTRATEGIAS al 25 de agosto del 2000 ***.
- Burrell, A. (2013). *How students use data to choose a university*. University World News. <https://www.universityworldnews.com/post.php?story=20130328141317897>
- Çakır, M. P., Acartürk, C., Alaşehir, O., y Çilingir, C. (2015). A comparative analysis of global and national university ranking systems. *Scientometrics*, 103(3), 813–848. <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1586-6>
- Casani, F., y Rodríguez-Pomeda, J. (2017). La idea de la ‘flagship university’ en el nuevo contexto internacional de la educación superior. In *Internacionalización de la educación superior en España*.

Reflexiones y perspectivas.

- Chessel, D., y Mercier, P. (1993). Couplage de triplets statistiques et liaisons espèces-environnement. *Biométrie et Environnement*, LEBRETON J.D. y ASSELAIN B., 15–44.
- Collins, F. L., y Park, G.-S. (2016). Ranking and the multiplication of reputation: reflections from the frontier of globalizing higher education. *Higher Education*, 72(1), 115–129.
<http://www.jstor.org/stable/24756970>
- Cruz-Vargas, J., y Rodriguez, E. (2019). LA INVESTIGACIÓN: MAS ALLÁ DEL RANKING DE LAS UNIVERSIDADES EDITORIAL EDITORIAL. *Rev. Fac. Med. Hum*, 19(1), 7–12.
<https://doi.org/10.25176/RFMH.v19.n1.1786>
- Daraio, C., Bonaccorsi, A., y Simar, L. (2015). Rankings and university performance: A conditional multidimensional approach. *European Journal of Operational Research*, 244(3), 918–930.
<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.02.005>
- Dávila, M. (2018a). Rankings universitarios internacionales y conflictos por la regulación de la educación superior. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS*, 13(37), 67–84.
<http://ojs.revistacts.net/index.php/CTS/article/view/50>
- Dávila, M. (2018b). Rankings universitarios internacionales y conflictos por la regulación de la educación superior. *Revistas CTS*, 13(1), 67–84.
- De-Moya-Anegón, F., Herrán-Páez, E., Bustos-González, A., Corera-Álvarez, E., Tibaná-Herrera, G., y Rivadeneyra, F. (2021). SIR Iber 2021. Ranking Iberoamericano de Instituciones de Educación Superior 2021. *SIR Iber*. <https://doi.org/10.3145/sir-iber-2021>
- de Proença Lopes, L. (2008). Reformas universitarias y movimientos estudiantiles en América y Europa. *Revista Historia de La Educación Latinoamericana*, 11, 263.
- de Wit, H., y Altbach, P. G. (2021). Internationalization in higher education: global trends and

- recommendations for its future. *Policy Reviews in Higher Education*, 5(1), 28–46.
<https://doi.org/10.1080/23322969.2020.1820898>
- Delgado-Márquez, B. L., Hurtado-Torres, N. E., y Bondar, Y. (2011). Internationalization of higher education: Theoretical and empirical investigation of its influence on university institution rankings. *Revista de Universidad y Sociedad Del Conocimiento*, 8(2), 265–284.
<https://doi.org/10.7238/rusc.v8i2.1069>
- Dill, D. D., y Soo, M. (2005). Academic quality, league tables, and public policy: A cross-national analysis of university ranking systems. In *Higher Education* (Vol. 49, Issue 4, pp. 495–533).
<https://doi.org/10.1007/s10734-004-1746-8>
- Docampo, D. (2008). Rankings internacionales y calidad de los sistemas universitarios. *Revista de Educación*, 1, 149–176.
- Docampo, D. (2011). On using the Shanghai ranking to assess the research performance of university systems. *Scientometrics*, 86(1), 77–92. <https://doi.org/10.1007/s11192-010-0280-y>
- Docampo, D. (2013). Reproducibility of the Shanghai academic ranking of world universities results. *Scientometrics*, 94(2), 567–587. <https://doi.org/10.1007/s11192-012-0801-y>
- Docampo, D., y Cram, L. (2014). On the internal dynamics of the Shanghai ranking. *Scientometrics*, 98(2), 1347–1366. <https://doi.org/10.1007/s11192-013-1143-0>
- Docampo, D., y Cram, L. (2015). On the effects of institutional size in university classifications: the case of the Shanghai ranking. *Scientometrics*, 102(2), 1325–1346. <https://doi.org/10.1007/s11192-014-1488-z>
- Dolédec, S., y Chessel, D. (1994). Co-inertia analysis: an alternative method for studying species–environment relationships. *Freshwater Biology*, 31(3), 277–294. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.1994.tb01741.x>

- Dray, S., Chessel, D., y Thioulouse, J. (2003). Co-inertia analysis and the linking of ecological data tables. *Ecology*, 84(11), 3078–3089. <https://doi.org/10.1890/03-0178>
- Egido- Miguélez, J. F. (2015). *Biplot dinámico. Tesis doctoral. Salamanca: Universidad de Salamanca*. [Universidad de Salamanca]. <https://doi.org/10.14201/gredos.125245>
- Espeland, W. N., y Sauder, M. (2016). Engines of anxiety: Academic rankings, reputation, and accountability. In *Engines of Anxiety: Academic Rankings, Reputation, and Accountability*. <https://doi.org/10.1080/09620214.2019.1690545>
- Espinar, S. R. (2018). La universidad: Una visión desde “fuera” orientada al futuro. *Revista de Investigación Educativa*, 36(1), 15–38. <https://doi.org/10.6018/rie.36.1.309041>
- Fauzi, M. A., Tan, C. N. L., Daud, M., y Awalludin, M. M. N. (2020). University rankings: A review of methodological flaws. *Issues in Educational Research*, 30(1), 79–96.
- Feng, F., Nie, L., Wang, X., Hong, R., y Chua, T. S. (2017). Computational social indicators: A case study of Chinese university ranking. *SIGIR 2017 - Proceedings of the 40th International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval*, 455–464. <https://doi.org/10.1145/3077136.3080773>
- Flores- Orozco, J. E., Villaseñor- Becerra, J. I., y Moreno- Arellano, C. I. (2015). Perspectivas actuales sobre los rankings mundiales de universidades. *Revista de La Educación Superior*, 44(175), 41–67. <https://doi.org/10.1016/j.resu.2015.09.001>
- Gabriel, K. (1971). The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. *Biometrika*, 58(3), 453–467. <https://doi.org/10.1093/biomet/58.3.453>
- Gabriel, K., y Odoroff, C. (1990). Biplots in biomedical research. *Statistics in Medicine*, 9(5), 469–485. <https://doi.org/10.1002/SIM.4780090502>
- Galindo V., M. P. (1986). Una Alternativa de Representación Simultánea:HJ-Biplot. *Qüestiió*, 10(1), 13–23.

- Galindo V., M. P., y Cuadras, C. M. (1986). Una extensión del método Biplot y su relación con otras técnicas. *Publicaciones de Bioestadística y Biomatemática. Universidad de Barcelona*, 17.
- García, J. A. V. (2015). Nuevos escenarios y tendencias universitarias. *Revista de Investigación Educativa*, 33(1), 13–26. <https://doi.org/10.6018/rie.33.1.211501>
- Goglio, V. (2016). One size fits all? A different perspective on university rankings. *Journal of Higher Education Policy and Management*, 38(2), 212–226. <https://doi.org/10.1080/1360080X.2016.1150553>
- González-Narváez, M., Ruiz-Barzola, O., y Nieto-Librero, A. (2020). *Análisis multivariante : Un recorrido por las técnicas de reducción de dimensiones Multivariate analysis : A tour through dimension reduction methods*. 18(2), 1–26.
- González, A. (2019). Panorama de la educación Indicadores de la OCDE. In *Inee*. https://books.google.cl/books/about/Panorama_de_la_Educación_2019_Indicador.html?id=NOJJDwAAQBAJ&printsec=frontcover&source=kp_read_button&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- González, L. E., y Espinoza, Ó. (2008). CALIDAD DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR : CONCEPTO Y MODELOS Introducción. *Calidad En La Educación*, 28, 248–276.
- Guaglianone, A. (2018). International Rankings and the Positioning of Latin America: A Reflective LookOs rankings internacionais e o posicionamento da América Latina: Um olhar reflexivo. *Revista Iberoamericana de Ciencia Tecnología y Sociedad*, 13(37), 113–126.
- Hazelkorn, E. (2014). Reflections on a Decade of Global Rankings: What we've learned and outstanding issues. *European Journal of Education*, 49(1), 12–28. <https://doi.org/10.1111/ejed.12059>
- Hazelkorn, E. (2015). Rankings and the Reshaping of Higher Education: The Battle for World-Class Excellence: Second Edition. In *Rankings and the Reshaping of Higher Education: The Battle for World-Class Excellence: Second Edition*. Palgrave Macmillan. <https://doi.org/10.1057/9781137446671>

- Hou, Y. W., y Jacob, W. J. (2017). What contributes more to the ranking of higher education institutions? A comparison of three world university rankings. *International Education Journal*, 16(4), 29–46. <https://openjournals.library.sydney.edu.au/index.php/IEJ>
- Jajo, N. K., y Harrison, J. (2014). World university ranking systems: an alternative approach using partial least squares path modelling. *Journal of Higher Education Policy and Management*, 36(5), 471–482. <https://doi.org/10.1080/1360080X.2014.936090>
- Jeremic, V., Bulajic, M., Martic, M., y Radojicic, Z. (2011). A fresh approach to evaluating the academic ranking of world universities. *Scientometrics*, 87(3), 587–596. <https://doi.org/10.1007/s11192-011-0361-6>
- Johnes, J. (2018). University rankings: What do they really show? *Scientometrics*, 115(1), 585–606. <https://doi.org/10.1007/s11192-018-2666-1>
- King-Domínguez, A., Llinas-Audet, X., y Améstica-Rivas, L. (2018). Rankings universitarios como medida de calidad: análisis comparado en Latinoamérica. *Revista Venezolana de Gerencia*, 1(23), 218–237. <https://www.redalyc.org/journal/290/29062781013/html/>
- Knight, J. (2004). Internationalization Remodeled: Definition, Approaches, and Rationales. *Journal of Studies in International Education*, 8(1), 5–31. <https://doi.org/10.1177/1028315303260832>
- Krüger, K., y Molas, A. (2010). Rankings mundiales de Universidades Objetivos y Calidad. *Revista Electrónica de Recursos En Internet Sobre Geografía Y Ciencias Sociales*, Núm. 129, 1–45.
- Larana, E. (2018). Globalización, centro y fronteras simbólicas en la teoría sobre la sociedad contemporánea. *Revista Internacional de Sociología*, 59(28), 209. <https://doi.org/10.3989/ris.2001.i28.747>
- López- Segre, F. (2008). Tendencias de la educación superior en el mundo y en América Latina y el Caribe. *Avaliação: Revista Da Avaliação Da Educação Superior (Campinas)*, 13(2), 267–291.

<https://doi.org/10.1590/s1414-40772008000200003>

- Luque-Martínez, T., Faraoni, N., y Doña-Toledo, L. (2018). Meta-ranking de universidades. Posicionamiento de las universidades Españolas. *Revista Espanola de Documentacion Cientifica*, 41(1), 198. <https://doi.org/10.3989/redc.2018.1.1456>
- Luque-Martínez, T., Faraoni, N., y Doña-Toledo, L. (2020). Academic rankings and the distribution by gender of the universities. *Revista Espanola de Documentacion Cientifica*, 43(2), 1–18. <https://doi.org/10.3989/redc.2020.2.1663>
- Marginson, S. (2014). University rankings and social science. *European Journal of Education*, 49(1), 45–59. <https://doi.org/10.1111/ejed.12061>
- Marginson, S. (2012). Global University Rankings: The strategic issues. *Las Universidades Latinoamericanas Ante Los Rankings Internacionales: Impactos, Alcances y Límites*, 17.
- Maričić, M., Bulajić, M., Radojičić, Z., y Jeremić, V. (2016). Multivariate approach to imposing additional constraints on the Benefit-of-the-Doubt model: The case of QS World University Rankings by Subject. *Croatian Review of Economic, Business and Social Statistics*, 2(1), 1–14. <https://doi.org/10.1515/crebss-2016-0005>
- Martínez R., F. (2011). Los rankings de universidades: una visión crítica. *Revista de La Educación Superior*.
- Moed, H. F. (2017). A critical comparative analysis of five world university rankings. *Scientometrics*, 110(2), 967–990. <https://doi.org/10.1007/s11192-016-2212-y>
- Montané- López, A., Beltrán- Llavador, J., y Teodoro, A. (2017). La medida de la calidad educativa: acerca de los rankings universitarios. *RASE: Revista de La Asociación de Sociología de La Educación*, 10(2). <https://doi.org/10.7203/rase.10.2.10145>
- Mora, A., Grünewald, I., y Barros, V. (2009). Gestión de la información y benchmark en la educación superior. In *Desafíos y perspectivas de la dirección estratégica de las instituciones universitarias* (pp.

403–430).

Ordorika, I. (2015). Rankings universitarios. *Revista de La Educacion Superior*, 44(173), 7–9.

<https://doi.org/10.1016/j.resu.2015.04.009>

Ordorika, I., y Gómez, R. R. (2010). El ranking times en el mercado del prestigio universitario. *Perfiles*

Educativos, 32(129), 8–28. <https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2010.129.18918>

Orozco, J. E. F., Becerra, J. I. V., y Arellano, C. I. M. (2015a). Perspectivas actuales sobre los rankings

mundiales de universidades. *Revista de La Educacion Superior*, 44(175), 41–67.

<https://doi.org/10.1016/j.resu.2015.09.001>

Orozco, J. E. F., Becerra, J. I. V., y Arellano, C. I. M. (2015b). Perspectivas actuales sobre los rankings

mundiales de universidades. *Revista de La Educacion Superior*, 44(175), 41–67.

<https://doi.org/10.1016/j.resu.2015.09.001>

Pandiella-Dominique, A., Moreno-Lorente, L., García-Zorita, C., y Sanz-Casado, E. (2018). Model for

estimating Academic Ranking of World Universities (Shanghai Ranking) scores. *Revista Espanola de*

Documentacion Cientifica, 41(2), 1–14. <https://doi.org/10.3989/redc.2018.2.1462>

Parellada, M., y Álvarez, M. (2017). Reputation and rankings. *Annual Review. Debats. Revista de Cultura,*

Poder i Societat, 2, 125–136. <https://doi.org/10.28939/iam.debats-en.2017-9>

Paruolo, P., Saisana, M., y Saltelli, A. (2013). Ratings and rankings: Voodoo or science? *Journal of the Royal*

Statistical Society. Series A: Statistics in Society, 176(3), 609–634. [https://doi.org/10.1111/j.1467-](https://doi.org/10.1111/j.1467-985X.2012.01059.x)

[985X.2012.01059.x](https://doi.org/10.1111/j.1467-985X.2012.01059.x)

Pérez-esparrells, C., De La Torre, E. M., y Gómez-sancho, J. M. (2018). La relevancia de la financiación

pública en las universidades españolas. *Presupuesto y Gasto Público*, 90, 169–190.

Pérez-Esparrells, C., y López García, A. M. (2009). Los rankings de las instituciones de educación superior:

una revisión del panorama internacional. *Calidad En La Educación*, 0(30), 328.

<https://doi.org/10.31619/caledu.n30.184>

Pietrucha, J. (2018). Country-specific determinants of world university rankings. *Scientometrics*, 114(3), 1129–1139. <https://doi.org/10.1007/s11192-017-2634-1>

Piscoya, L. (2007). *RANKING UNIVERSITARIO EN EL PERÚ PLAN PILOTO* (pp. 15–20).

QS , las 100 mejores universidades de América Latina en 2020 Revista NUVE. (2020). Revistanuve.

Raponi, V., Martella, F., y Maruotti, A. (2016). A biclustering approach to university performances: an Italian case study. *Journal of Applied Statistics*, 43(1), 31–45. <https://doi.org/10.1080/02664763.2015.1009005>

Ruff, C., Ruiz, M., Flores, T., Cornejo, C., Cortés, R., y Matheu, A. (2021). Management Model and Strategic Management in Higher Education, Continuous Improvement, and Impact in Rankings. In *Advances in Intelligent Systems and Computing* (pp. 285–294). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-72660-7_27

Safón, V. (2013). What do global university rankings really measure? The search for the X factor and the X entity. *Scientometrics*, 97(2), 223–244. <https://doi.org/10.1007/s11192-013-0986-8>

Safón, V. (2019). Inter-ranking reputational effects: an analysis of the Academic Ranking of World Universities (ARWU) and the Times Higher Education World University Rankings (THE) reputational relationship. *Scientometrics*, 121(2), 897–915. <https://doi.org/10.1007/s11192-019-03214-9>

Saisana, M., D’Hombres, B., y Saltelli, A. (2011). Rickety numbers: Volatility of university rankings and policy implications. *Research Policy*, 40(1), 165–177. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2010.09.003>

Salazar, S. S. (2015). Universidades Peruanas: ¿En los rankings internacionales? In *Ranking Universitario*, 7(9).

https://www.academia.edu/36211084/UNIVERSIDADES_PERUANAS_EN_LOS_RANKINGS_INTERNACIONALES_pdf

- Salmi, J. (2009). The Challenge of Establishing World Class Universities. In *The Challenge of Establishing World Class Universities*. <https://doi.org/10.1596/978-0-8213-7865-6>
- Salmi, J., y Saroyan, A. (2007). League Tables as Policy Instruments. *Higher Education Management and Policy*, 19(2), 1–38. <https://doi.org/10.1787/hemp-v19-art10-en>
- Sanz-Casado, E., García-Zorita, C., Serrano-López, A. E., Efraín-García, P., y De Filippo, D. (2013). Rankings nacionales elaborados a partir de múltiples indicadores frente a los de índices sintéticos. *Revista Espanola de Documentacion Cientifica*, 36(3). <https://doi.org/10.3989/redc.2013.3.1.023>
- Shehatta, I., y Mahmood, K. (2016a). Correlation among top 100 universities in the major six global rankings: policy implications. *Scientometrics*, 109(2), 1231–1254. <https://doi.org/10.1007/s11192-016-2065-4>
- Shehatta, I., y Mahmood, K. (2016b). Correlation among top 100 universities in the major six global rankings: policy implications. *Scientometrics*, 109(2), 1231–1254. <https://doi.org/10.1007/s11192-016-2065-4>
- Soh, K. (2011). World university rankings: take with a large pinch of salt. *European Journal of Higher Education*, 1(4), 369–381. <https://doi.org/10.1080/21568235.2012.662837>
- Soh, K. (2013). Rectifying an honest error in world university rankings: A solution to the problem of indicator weight discrepancies. *Journal of Higher Education Policy and Management*, 35(6), 574–585. <https://doi.org/10.1080/1360080X.2013.844670>
- Soh, K. (2015). Multicollinearity and indicator redundancy problem in world university rankings: An example using times higher education world university ranking 2013-2014 data. *Higher Education Quarterly*, 69(2), 158–174. <https://doi.org/10.1111/hequ.12058>
- Taylor, P., y Braddock, R. (2007). International university ranking systems and the idea of university excellence. *Journal of Higher Education Policy and Management*, 29(3), 245–260.

<https://doi.org/10.1080/13600800701457855>

Trigwell, K. (2011). Measuring Teaching Performance. In *University Rankings* (pp. 165–181). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-1116-7_9

Tucker, L. R. (1958). An inter-battery method of factor analysis. *Psychometrika*, 23(2), 111–136. <https://doi.org/10.1007/BF02289009>

Tuesta, E. F., Garcia-Zorita, C., Ayllon, R. R., y Sanz-Casado, E. (2019). Does a Country/Region's Economic Status Affect Its Universities' Presence in International Rankings? *Journal of Data and Information Science*, 4(2), 56–78. <https://doi.org/10.2478/jdis-2019-0009>

Uslu, B. (2020). A path for ranking success: what does the expanded indicator-set of international university rankings suggest? *Higher Education*, 80(5), 949–972. <https://doi.org/10.1007/s10734-020-00527-0>

World University Rankings 2021 | Times Higher Education (THE). (2021). Timeshighereducation.

Yong Amaya, L. E., Zambrano Zambrano, J., y Ruso Armada, F. (2018). La excelencia en los sistemas de educación superior. *Cofin Habana*, 12(1), 1–14.

ANEXOS

Anexo I. Codificación Instituciones Ranking

Nº	institución	Codificación	País
1	Massachusetts Institute of Technology	I1	United States
2	Stanford University	I2	United States
3	Harvard University	I3	United States
4	University of Cambridge	I4	United Kingdom
5	California Institute of Technology	I5	United States
6	University of Oxford	I6	United Kingdom
7	UCL	I7	United Kingdom
8	ETH Zurich	I8	Switzerland
9	Imperial College London	I9	United Kingdom
10	University of Chicago	I10	United States
11	Princeton University	I11	United States
12	National University of Singapore	I12	Singapore
13	Nanyang Technological University, Singapore	I13	Singapore
14	École Polytechnique Fédérale de Lausanne	I14	Switzerland
15	Yale University	I15	United States
16	Cornell University	I16	United States
17	Johns Hopkins University	I17	United States
18	University of Pennsylvania	I18	United States
19	University of Edinburgh	I19	United Kingdom
20	Columbia University	I20	United States
21	King's College London	I21	United Kingdom
22	Australian National University	I22	Australia

ANEXOS

N°	institución	Codificación	País
23	University of Michigan	I23	United States
24	Tsinghua University	I24	China
25	Duke University	I25	United States
26	Northwestern University	I26	United States
27	University of Hong Kong	I27	Hong Kong
28	University of California, Berkeley	I28	United States
29	University of Manchester	I29	United Kingdom
30	McGill University	I30	Canada
31	University of California, Los Angeles	I31	United States
32	University of Toronto	I32	Canada
33	École Normale Supérieure, Paris	I33	France
34	The University of Tokyo	I34	Japan
35	Seoul National University	I35	South Korea
36	Hong Kong University of Science and Technology	I36	Hong Kong
37	Kyoto University	I37	Japan
38	London School of Economics and Political Science	I38	United Kingdom
39	Peking University	I39	China
40	University of California, San Diego	I40	United States
41	University of Bristol	I41	United Kingdom
42	University of Melbourne	I42	Australia
43	Fudan University	I43	China
44	Chinese University of Hong Kong	I44	Hong Kong
45	University of British Columbia	I45	Canada
46	University of Sydney	I46	Australia

ANEXOS

N°	institución	Codificación	País
47	New York University	I47	United States
48	Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST)	I48	South Korea
49	University of New South Wales	I49	Australia
50	Brown University	I50	United States
51	University of Queensland	I51	Australia
52	University of Warwick	I52	United Kingdom
53	University of Wisconsin-Madison	I53	United States
54	École Polytechnique	I54	France
55	City University of Hong Kong	I55	Hong Kong
56	University of Amsterdam	I57	Netherlands
57	Carnegie Mellon University	I58	United States
58	University of Washington	I59	United States
59	Technical University of Munich	I60	Germany
60	Delft University of Technology	I62	Netherlands
61	University of Glasgow	I64	United Kingdom
62	Monash University	I65	Australia
63	University of Illinois at Urbana-Champaign	I66	United States
64	University of Texas at Austin	I67	United States
65	LMU Munich	I68	Germany
66	National Taiwan University	I69	Taiwan
67	University of Copenhagen	I70	Denmark
68	Georgia Institute of Technology	I71	United States
69	Heidelberg University	I72	Germany
70	Lund University	I73	Sweden

ANEXOS

Nº	institución	Codificación	País
71	Durham University	I74	United Kingdom
72	University of Nottingham	I76	United Kingdom
73	University of St Andrews	I77	United Kingdom
74	University of North Carolina at Chapel Hill	I78	United States
75	KU Leuven	I79	Belgium
76	University of Zurich	I80	Switzerland
77	University of Auckland	I81	New Zealand
78	University of Birmingham	I82	United Kingdom
79	Pohang University of Science and Technology (POSTECH)	I83	South Korea
80	University of Sheffield	I84	United Kingdom
81	University of California, Davis	I86	United States
82	University of Southampton	I87	United Kingdom
83	Ohio State University	I88	United States
84	Boston University	I89	United States
85	Rice University	I90	United States
86	University of Helsinki	I91	Finland
87	Purdue University	I92	United States
88	University of Leeds	I93	United Kingdom
89	University of Alberta	I94	Canada
90	Pennsylvania State University	I95	United States
91	University of Geneva	I96	Switzerland
92	KTH Royal Institute of Technology	I97	Sweden
93	Uppsala University	I98	Sweden
94	Trinity College Dublin	I100	Ireland

ANEXOS

N°	institución	Codificación	País
95	Karlsruhe Institute of Technology	I101	Germany
96	Leiden University	I102	Netherlands
97	University of Western Australia	I103	Australia
98	Utrecht University	I104	Netherlands
99	University of Science and Technology of China	I105	China
100	Sungkyunkwan University (SKKU)	I106	South Korea
101	Washington University in St Louis	I107	United States
102	Lomonosov Moscow State University	I108	Russia
103	Technical University of Denmark	I109	Denmark
104	Hong Kong Polytechnic University	I111	Hong Kong
105	University of Oslo	I113	Norway
106	University of Groningen	I114	Netherlands
107	Aarhus University	I117	Denmark
108	University of California, Santa Barbara	I118	United States
109	Wageningen University & Research	I119	Netherlands
110	Humboldt University of Berlin	I121	Germany
111	Eindhoven University of Technology	I122	Netherlands
112	Free University of Berlin	I123	Germany
113	Queen Mary University of London	I124	United Kingdom
114	University of Adelaide	I125	Australia
115	University of York	I127	United Kingdom
116	Lancaster University	I129	United Kingdom
117	Ghent University	I131	Belgium
118	University of Maryland, College Park	I132	United States

ANEXOS

N°	institución	Codificación	País
119	University of Southern California	I136	United States
120	University of Minnesota Twin Cities	I137	United States
121	University of Lausanne	I138	Switzerland
122	Cardiff University	I140	United Kingdom
123	Pierre and Marie Curie University	I141	France
124	University of Basel	I142	Switzerland
125	University of Aberdeen	I143	United Kingdom
126	Erasmus University Rotterdam	I144	Netherlands
127	University of Pittsburgh	I145	United States
128	RWTH Aachen University	I146	Germany
129	Hebrew University of Jerusalem	I148	Israel
130	McMaster University	I149	Canada
131	Emory University	I150	United States
132	University of Waterloo	I152	Canada
133	Université Catholique de Louvain	I154	Belgium
134	University of Vienna	I155	Austria
135	University of California, Irvine	I156	United States
136	University of Liverpool	I157	United Kingdom
137	Dartmouth College	I158	United States
138	Autonomous University of Barcelona	I160	Spain
139	Texas A&M University	I161	United States
140	Michigan State University	I162	United States
141	University of Freiburg	I163	Germany
142	Technical University of Berlin	I164	Germany

ANEXOS

N°	institución	Codificación	País
143	University of Exeter	I165	United Kingdom
144	University of Tübingen	I167	Germany
145	Newcastle University	I168	United Kingdom
146	University of Colorado Boulder	I170	United States
147	University of Virginia	I172	United States
148	Maastricht University	I173	Netherlands
149	University of Reading	I175	United Kingdom
150	University of Göttingen	I177	Germany
151	University of Twente	I180	Netherlands
152	University of Bern	I181	Switzerland
153	University of Florida	I185	United States
154	University of Rochester	I187	United States
155	University of Illinois at Chicago	I188	United States
156	University of Sussex	I189	United Kingdom
157	Radboud University Nijmegen	I191	Netherlands
158	University of Cape Town	I193	South Africa
159	Stockholm University	I196	Sweden
160	University of Calgary	I197	Canada
161	Vrije Universiteit Amsterdam	I199	Netherlands

ANEXOS

Anexo II. Detalle de Clústeres Ranking QS

Cod	Cluster 1	Cod	Cluster 2	Cod	Cluster 3
11	Massachusetts Institute of Technology (MIT)	1107	Washington University in St. Louis	118	University of Pennsylvania
12	Stanford University	170	University of Copenhagen	123	University of Michigan
13	Harvard University	172	Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg	124	Tsinghua University
14	University of Cambridge	178	University of North Carolina, Chapel Hill	125	Duke University
15	California Institute of Technology (Caltech)	180	University of Zurich	126	Northwestern University
16	University of Oxford	183	Pohang University of Science And Technology (POSTECH)	131	University of California, Los Angeles (UCLA)
17	UCL (University College London)	186	University of California, Davis	135	Seoul National University
18	ETH Zurich - Swiss Federal Institute of Technology	188	The Ohio State University	137	Kyoto University
19	Imperial College London	191	University of Helsinki	139	Peking University
110	University of Chicago	195	Pennsylvania State University	140	University of California, San Diego (UCSD)
111	Princeton University	197	KTH Royal Institute of Technology	143	Fudan University
112	National University of Singapore (NUS)	198	Uppsala University	148	KAIST - Korea Advanced Institute of Science & Technology
113	Nanyang Technological University, Singapore (NTU)	1101	KIT, Karlsruhe Institute of Technology	150	Brown University
114	EPFL - Ecole Polytechnique Federale de Lausanne	1102	Leiden University	153	University of Wisconsin-Madison
115	Yale University	1104	Utrecht University	157	University of Amsterdam
116	Cornell University	1105	University of Science and Technology of China	158	Carnegie Mellon University
117	Johns Hopkins University	1106	Sungkyunkwan University (SKKU)	159	University of Washington
119	The University of Edinburgh	1108	Lomonosov Moscow State University	160	Technical University of Munich
120	Columbia University	1117	Aarhus University	166	University of Illinois at Urbana-Champaign
121	King's College London	1118	University of California, Santa Barbara (UCSB)	167	University of Texas at Austin
122	The Australian National University	1119	Wageningen University	168	Ludwig-Maximilians-Universität München
127	The University of Hong Kong	1121	Humboldt-Universität zu Berlin	179	KU Leuven
128	University of California, Berkeley (UCB)	1122	Eindhoven University of Technology	Cod	Cluster 4
129	The University of Manchester	1123	Freie Universitaet Berlin	187	University of Southampton
130	McGill University	1131	Ghent University	193	University of Leeds
132	University of Toronto	1132	University of Maryland, College Park	194	University of Alberta
133	Ecole normale supérieure, Paris	1136	University of Southern California	196	University of Geneva
134	The University of Tokyo	1137	University of Minnesota	1100	Trinity College Dublin, The University of Dublin
136	The Hong Kong University of Science and Technology	1141	Université Pierre et Marie Curie (UPMC)	1103	The University of Western Australia
138	London School of Economics and Political Science (LSE)	1145	University of Pittsburgh	1109	Technical University of Denmark
141	University of Bristol	1146	RWTH Aachen University	1111	The Hong Kong Polytechnic University
142	The University of Melbourne	1148	The Hebrew University of Jerusalem	1113	University of Oslo
144	The Chinese University of Hong Kong (CUHK)	1149	McMaster University	1114	University of Groningen
145	University of British Columbia	1150	Emory University	1124	Queen Mary University of London
146	The University of Sydney	1158	Dartmouth College	1125	The University of Adelaide
147	New York University (NYU)	1160	Universitat de Barcelona	1127	University of York
149	The University of New South Wales (UNSW Sydney)	1161	Texas A&M University	1129	Lancaster University
152	The University of Warwick	1162	Michigan State University	1138	University of Lausanne
154	Ecole Polytechnique	1163	Albert-Ludwigs-Universitaet Freiburg	1140	Cardiff University
165	Monash University	1164	Technische Universität Berlin (TU Berlin)	1142	University of Basel
181	The University of Auckland	1167	Eberhard Karls Universität Tübingen	1143	University of Aberdeen
Cod	Cluster 5	1170	University of Colorado Boulder	1144	Erasmus University Rotterdam
151	The University of Queensland	1172	University of Virginia	1152	University of Waterloo
155	City University of Hong Kong	1177	University of Göttingen	1154	Université catholique de Louvain (UCL)
162	Delft University of Technology	1185	University of Florida	1156	University of California, Irvine
164	University of Glasgow	1187	University of Rochester	1157	University of Liverpool
169	National Taiwan University (NTU)	1188	University of Illinois, Chicago (UIC)	1165	The University of Exeter
171	Georgia Institute of Technology	1191	Radboud University	1168	Newcastle University
173	Lund University	1193	University of Cape Town	1173	Maastricht University
174	Durham University	1196	Stockholm University	1175	University of Reading
176	University of Nottingham	1199	Vrije Universiteit Amsterdam	1180	University of Twente
177	University of St Andrews			1181	University of Bern
182	University of Birmingham			1189	University of Sussex
184	The University of Sheffield			1197	University of Calgary
189	Boston University				
190	Rice University				
192	Purdue University				
1155	University of Vienna				

Anexo III. Detalle de Clústeres Ranking THE

Cod	Cluster 1	Cod	Cluster 2	Cod	Cluster 4
141	University of Bristol	135	Seoul National University	11	Massachusetts Institute of Technology (MIT)
144	The Chinese University of Hong Kong (CUHK)	137	Kyoto University	12	Stanford University
149	The University of New South Wales (UNSW Sydney)	143	Fudan University	13	Harvard University
152	The University of Warwick	148	KAIST - Korea Advanced Institute of Science & Technology	14	University of Cambridge
154	Ecole Polytechnique	169	National Taiwan University (NTU)	15	California Institute of Technology (Caltech)
155	City University of Hong Kong	183	Pohang University of Science and Technology (POSTECH)	16	University of Oxford
164	University of Glasgow	192	Purdue University	17	UCL (University College London)
170	University of Copenhagen	195	Pennsylvania State University	18	ETH Zurich - Swiss Federal Institute of Technology
173	Lund University	1101	KIT, Karlsruhe Institute of Technology	19	Imperial College London
174	Durham University	1104	Utrecht University	110	University of Chicago
176	University of Nottingham	1105	University of Science and Technology of China	111	Princeton University
177	University of St Andrews	1106	Sungkyunkwan University (SKKU)	112	National University of Singapore (NUS)
180	University of Zurich	1108	Lomonosov Moscow State University	114	EPFL - Ecole Polytechnique Federale de Lausanne
181	The University of Auckland	1114	University of Groningen	115	Yale University
182	University of Birmingham	1123	Freie Universitaet Berlin	116	Cornell University
184	The University of Sheffield	1131	Ghent University	117	Johns Hopkins University
187	University of Southampton	1146	RWTH Aachen University	118	University of Pennsylvania
190	Rice University	1161	Texas A&M University	119	The University of Edinburgh
193	University of Leeds	1163	Albert-Ludwigs-Universitaet Freiburg	120	Columbia University
194	University of Alberta	1164	Technische Universität Berlin (TU Berlin)	121	King's College London
196	University of Geneva	1167	Eberhard Karls Universität Tübingen	122	The Australian National University
197	KTH Royal Institute of Technology	1185	University of Florida	123	University of Michigan
1100	Trinity College Dublin, The University of Dublin			124	Tsinghua University
1102	Leiden University	Cod	Cluster 3	125	Duke University
1103	The University of Western Australia	113	Nanyang Technological University, Singapore (NTU)	126	Northwestern University
1109	Technical University of Denmark	146	The University of Sydney	127	The University of Hong Kong
1111	The Hong Kong Polytechnic University	151	The University of Queensland	128	University of California, Berkeley (UCB)
1113	University of Oslo	162	Delft University of Technology	129	The University of Manchester
1117	Aarhus University	165	Monash University	130	McGill University
1122	Eindhoven University of Technology	1119	Wageningen University	131	University of California, Los Angeles (UCLA)
1124	Queen Mary University of London	1142	University of Basel	132	University of Toronto
1125	The University of Adelaide	1173	Maastricht University	134	The University of Tokyo
1127	University of York			136	The Hong Kong University of Science and Technology
1129	Lancaster University	Cod	Cluster 5	138	London School of Economics and Political Science (LSE)
1138	University of Lausanne	133	Ecole normale supérieure, Paris	139	Peking University
1140	Cardiff University	188	The Ohio State University	140	University of California, San Diego (UCSD)
1141	Université Pierre et Marie Curie (UPMC)	189	Boston University	142	The University of Melbourne
1143	University of Aberdeen	191	University of Helsinki	145	University of British Columbia
1144	Erasmus University Rotterdam	198	Uppsala University	147	New York University (NYU)
1148	The Hebrew University of Jerusalem	1132	University of Maryland, College Park	150	Brown University
1149	McMaster University	1136	University of Southern California	153	University of Wisconsin-Madison
1152	University of Waterloo	1145	University of Pittsburgh	157	University of Amsterdam
1154	Université catholique de Louvain (UCL)	1150	Emory University	158	Carnegie Mellon University
1155	University of Vienna	1158	Dartmouth College	159	University of Washington
1156	University of California, Irvine	1162	Michigan State University	160	Technical University of Munich
1157	University of Liverpool	1170	University of Colorado Boulder	166	University of Illinois at Urbana-Champaign
1160	Universitat de Barcelona	1172	University of Virginia	167	University of Texas at Austin
1165	The University of Exeter	1177	University of Göttingen	168	Ludwig-Maximilians-Universität München
1168	Newcastle University			171	Georgia Institute of Technology
1175	University of Reading			172	Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg
1180	University of Twente			178	University of North Carolina, Chapel Hill
1181	University of Bern			179	KU Leuven
1187	University of Rochester			186	University of California, Davis
1188	University of Illinois, Chicago (UIC)			1107	Washington University in St. Louis
1189	University of Sussex			1118	University of California, Santa Barbara (UCSB)
1191	Radboud University			1121	Humboldt-Universität zu Berlin
1193	University of Cape Town			1137	University of Minnesota
1196	Stockholm University				
1197	University of Calgary				
1199	Vrije Universiteit Amsterdam				

Anexo IV. Detalle de Clústeres Ranking ARWU

Cod	Cluster 3	Cod	Cluster 4	Cod	Cluster 2
I114	University of Groningen	I3	Harvard University	I136	University of Southern California
I156	University of California, Irvine	I2	Stanford University	I80	University of Zurich
I117	Aarhus University	I4	University of Cambridge	I41	University of Bristol
I149	McMaster University	I1	Massachusetts Institute of Technology (MIT)	I30	McGill University
I144	Erasmus University Rotterdam	I28	University of California, Berkeley (UCB)	I145	University of Pittsburgh
I14	EPFL - Ecole Polytechnique Federale de Lausanne	I11	Princeton University	I131	Ghent University
I92	Purdue University	I6	University of Oxford	I39	Peking University
I102	Leiden University	I20	Columbia University	I65	Monash University
I103	The University of Western Australia	I5	California Institute of Technology (Caltech)	I89	Boston University
I22	The Australian National University	I10	University of Chicago	I88	The Ohio State University
I140	Cardiff University	I15	Yale University	I46	The University of Sydney
I154	Université catholique de Louvain (UCL)	I16	Cornell University	I71	Georgia Institute of Technology
I73	Lund University	I8	ETH Zurich - Swiss Federal Institute of Technology	I95	Pennsylvania State University
I191	Radboud University	I107	Washington University in St. Louis	I86	University of California, Davis
I125	The University of Adelaide	I66	University of Illinois at Urbana-Champaign	I185	University of Florida
I64	University of Glasgow	I72	Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg	I79	KU Leuven
I27	The University of Hong Kong	I170	University of Colorado Boulder	I12	National University of Singapore (NUS)
I84	The University of Sheffield	I118	University of California, Santa Barbara (UCSB)	I150	Emory University
I181	University of Bern	I104	Utrecht University	I43	Fudan University
I82	University of Birmingham	I160	Universitat de Barcelona	I162	Michigan State University
I163	Albert-Ludwigs-Universität Freiburg	I91	University of Helsinki	I13	Nanyang Technological University, Singapore (NTU)
I93	University of Leeds	I68	Ludwig-Maximilians-Universität München	I35	Seoul National University
I157	University of Liverpool			I161	Texas A&M University
I76	University of Nottingham	Cod	Cluster 1	I49	The University of New South Wales (UNSW Sydney)
I187	University of Rochester	I96	University of Geneva	I94	University of Alberta
I105	University of Science and Technology of China	I113	University of Oslo	I57	University of Amsterdam
I119	Wageningen University	I98	Uppsala University	I87	University of Southampton
I62	Delft University of Technology	I90	Rice University	I199	Vrije Universiteit Amsterdam
I69	National Taiwan University (NTU)	I196	Stockholm University		
I124	Queen Mary University of London	I58	Carnegie Mellon University		
I109	Technical University of Denmark	I108	Lomonosov Moscow State University		
I44	The Chinese University of Hong Kong (CUHK)	I142	University of Basel		
I197	University of Calgary	I177	University of Göttingen		
I100	Trinity College Dublin, The University of Dublin	I50	Brown University		
I165	The University of Exeter	I148	The Hebrew University of Jerusalem		
I138	University of Lausanne	I52	The University of Warwick		
I167	Eberhard Karls Universität Tübingen	I38	London School of Economics and Political Science (LSE)		
I155	University of Vienna	I33	Ecole normale supérieure, Paris		
I172	University of Virginia				
I55	City University of Hong Kong	Cod	cluster 5		
I158	Dartmouth College	I31	University of California, Los Angeles (UCLA)		
I74	Durham University	I59	University of Washington		
I101	KIT, Karlsruhe Institute of Technology	I40	University of California, San Diego (UCSD)		
I48	KAIST - Korea Advanced Institute of Science & Technology	I7	UCL (University College London)		
I97	KTH Royal Institute of Technology	I18	University of Pennsylvania		
I173	Maastricht University	I17	Johns Hopkins University		
I168	Newcastle University	I26	Northwestern University		
I146	RWTH Aachen University	I32	University of Toronto		
I106	Sungkyunkwan University (SKKU)	I34	The University of Tokyo		
I111	The Hong Kong Polytechnic University	I23	University of Michigan		
I36	The Hong Kong University of Science and Technology	I25	Duke University		
I81	The University of Auckland	I9	Imperial College London		
I175	University of Reading	I53	University of Wisconsin-Madison		
I143	University of Aberdeen	I47	New York University (NYU)		
I188	University of Illinois, Chicago (UIC)	I70	University of Copenhagen		
I189	University of Sussex	I45	University of British Columbia		
I152	University of Waterloo	I19	The University of Edinburgh		
I127	University of York	I78	University of North Carolina, Chapel Hill		
I160	Universitat de Barcelona	I137	University of Minnesota		
I122	Eindhoven University of Technology	I37	Kyoto University		
I129	Lancaster University	I29	The University of Manchester		
I83	Pohang University of Science and Technology (POSTECH)	I42	The University of Melbourne		
I193	University of Cape Town	I141	Université Pierre et Marie Curie (UPMC)		
I77	University of St Andrews	I21	King's College London		
I180	University of Twente	I24	Tsinghua University		
I54	Ecole Polytechnique	I67	University of Texas at Austin		
I164	Technische Universität Berlin (TU Berlin)	I132	University of Maryland, College Park		
		I51	The University of Queensland		

Anexo V. Metodología Matemática Biplot Dinámico

Tomado desde Tesis del Departamento de Estadística. Biplot dinámico. (Egido Miguélez, 2015, pp. 27–45)

El primer paso de este 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, se consideró 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 \mathbf{C} , cubo de datos, de dimensión $n \times p \times q$ según podemos ver en la figura 34. Extraemos de estos datos los correspondientes a un determinado momento t de entre los comprendidos en el cubo, que se usará como referencia y que será considerado como la situación más explicativa objeto de nuestro estudio, obteniendo una matriz de dimensión $n \times p$. Siendo $\mathbf{y} = (y_-, y_0, \dots, y_+)$ 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 \mathbf{Y} .

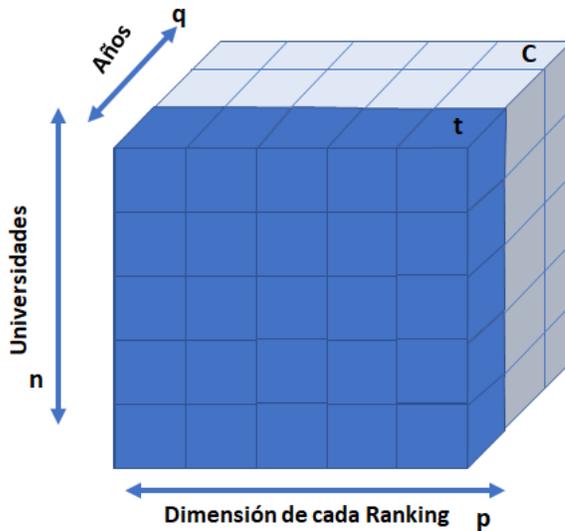


Figura 31. Cubo de datos

Se factorizó 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, se obtendrán diferentes tipos de biplot:

- **JK-Biplot:** $J = UD \quad K = V; \quad K'K = I$ (7-1)

- **GH-Biplot:** $G = U \quad H = VD; \quad G'G = I$ (7-2)

- **HJ-Biplot:** $J = UD \quad H = VD;$ (7-3)

Con los marcadores así calculados se obtiene el gráfico biplot de la situación de referencia t, que es el momento más representativo que se quiere considerar. Es el análisis estático de la situación existente en t, en el que se puede estudiar las relaciones multivariantes que hay entre las variables, entre los individuos y entre ambos. En la Figura 35 se puede observar un ejemplo de la representación de un plano

ANEXOS

en un gráfico Biplot, mostrando la situación estática de una matriz de siete individuos (p1 a p7) y cuatro variables (V1 a V4)

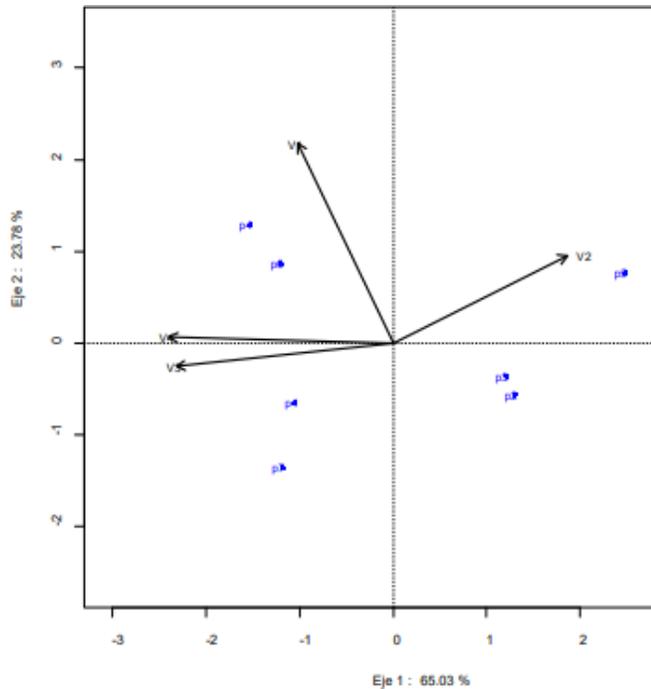


Figura 32. Ejemplo Biplot en la situación de referencia t

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 p2 y p3 son muy similares, las variables V3 y V4 están correlacionadas al formar un ángulo agudo entre los marcadores, V2 tiene correlación negativa con V3 y V4 ya que sus marcadores forman un ángulo obtuso y no está correlacionada con V1 al formar sus marcadores un ángulo recto.

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 las situaciones incluidas en la matriz C, manteniendo las estructuras previamente calculadas en t. Estos datos no deben ser considerados a la hora de calcular los marcadores del biplot de referencia, ya que se

ANEXOS

corresponden con situaciones pasadas que no tienen que modificar el contexto objeto de estudio. Sin embargo, 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 (1995) realiza la formulación básica, mientras que Gower y Hand (1996) incluyen puntos en un biplot y denominan a la operación interpolación. Por otra parte, 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).

Representación de variables en el Biplot de referencia

Para incorporar nueva información en el gráfico se debe 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. Se realizará una técnica similar a la usada por Graffelman y Aluja-Banet (2003). Sea \mathbf{z} un vector columna con los n valores de una variable que queremos incorporar en el biplot ya obtenido y sea \mathbf{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 $\mathbf{e} = \mathbf{z} - \mathbf{zE}$.

Se obtiene el vector \mathbf{zG} 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:

$$\mathbf{e}'\mathbf{e} = (\mathbf{z} - \mathbf{zE})'(\mathbf{z} - \mathbf{zE}) = (\mathbf{z} - \mathbf{As})'(\mathbf{z} - \mathbf{As})$$

ANEXOS

Calculando e igualando a cero la derivada de primer orden se obtiene la solución al problema de minimización.

$$s = (A'A)^{-1}A'z \quad (7-4)$$

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 A se obtienen los coeficientes para incorporar la variable en cualquiera de los planos Biplot que necesitemos representar.

Representación de individuos en el Biplot de referencia

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

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

Calculando e igualando a cero la derivada de primer orden se obtiene la solución al problema de minimización.

$$o = (B'B)^{-1}B'x \quad (7-5)$$

ANEXOS

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

Al haber utilizado todas las columnas de la matriz **B** se obtienen los coeficientes para incorporar los individuos en cualquiera de los planos Biplot que se necesita representar.

Generalizando lo anteriormente expuesto, si **Z** es una matriz con varias variables o varios individuos que pretendemos proyectar en el gráfico biplot y su descomposición es **LM**, se obtendría, para la ecuación 7-4:

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

y para la ecuación 7-5:

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

Trayectorias

Fijada la situación t como referencia, se puede extraer del cubo de datos **C** tantas matrices de dos dimensiones como variables se tienen, es decir, p matrices de dimensión $n \times q$; el escalar n se corresponde con el número de individuos (filas) de **Y** q con la cantidad de valores que la variable ha tenido a lo largo de las q situaciones. Sean **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 serán relacionadas más adelante. En la figura 36, podemos ver la representación de una de las matrices.

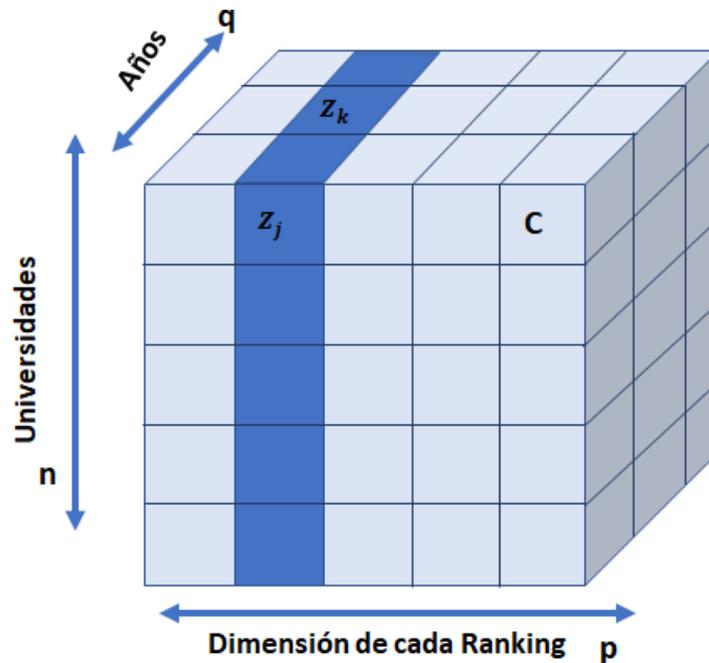


Figura 33. Matriz de situaciones para la variable y_i

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

De forma similar, fijada la situación t como referencia en el cubo de datos C se puede obtener tantas matrices de dos dimensiones como individuos se tienen, es decir, n matrices de dimensión $p \times q$; el escalar p se corresponde con el número de variables (columnas) de 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. En la figura 38 se puede observar la representación de una de estas matrices.

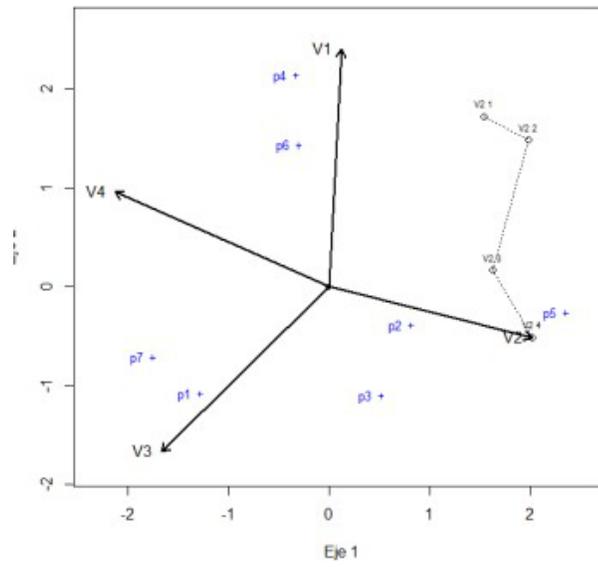


Figura 34. Trayectoria de variable en un Biplot Dinámico

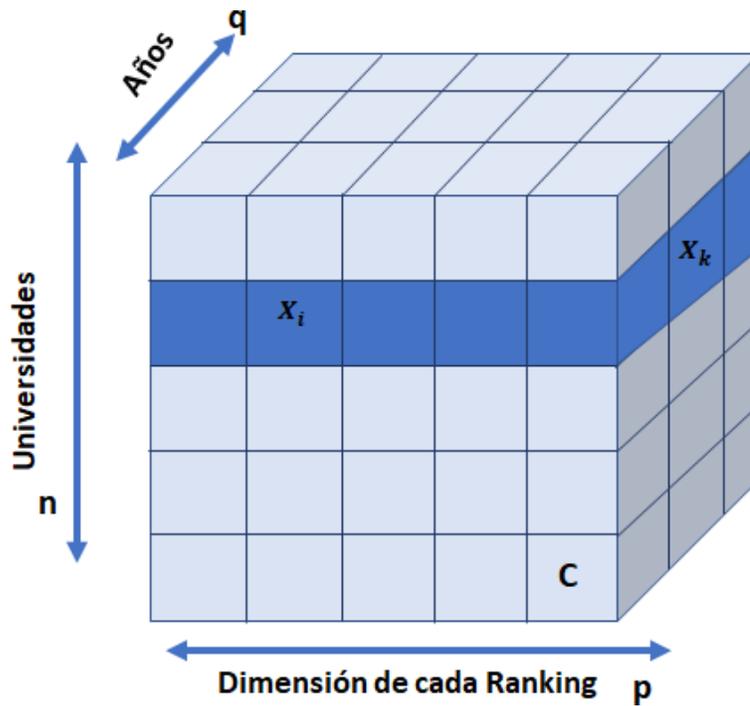


Figura 35. Matriz de situaciones para el individuo y_i

ANEXOS

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 39, 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.

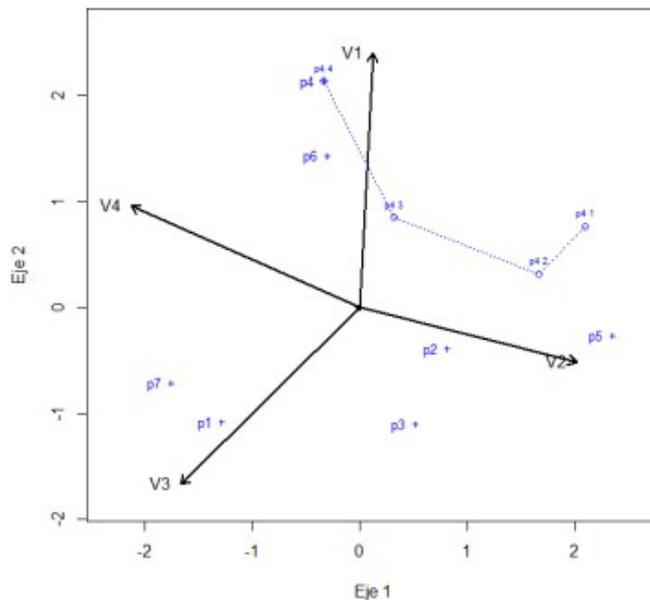


Figura 36. Trayectoria de individuos en Biplot Dinámico

Redimensionamiento de coordenadas

Por la forma en que se ha construido la matriz de datos Z_j se puede 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, se tendrá que ajustar las coordenadas de las variables proyectadas obtenidas según ecuación 1.0 la escala resultante de dicho biplot.

En la Figura 40 se puede 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.

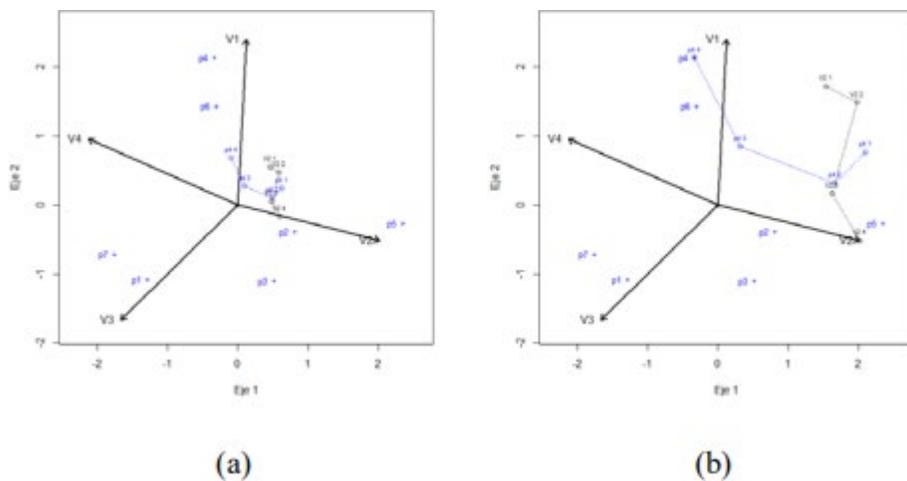


Figura 37. Ejemplo Biplot Dinámico trayectorias sin redimensionar (a) y redimensionando (b)

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 .

ANEXOS

De la descomposición de $Y=AB'$ se puede señalar que las coordenadas de la variable y_j en el biplot de referencia son bt , habiendo nombrado a su vez a esta variable como zt en la generación de las trayectorias. Por otra parte, se ha obtenido mediante la ecuación 7-4, el vector columna.

Se debe redimensionar las coordenadas S_t para que coincidan con bt , es decir, se debe buscar un factor F que verifique:

$$S_{@}F = b_{@} \quad (7-6)$$

En el caso de una factorización GH-Biplot (7-2) teniendo en cuenta que:

$$y_A = Ah'_A = Uh'_A \quad (7-7)$$

$b_A = h_A = v_A D$ siendo v_A la fila j de la matriz V

$$S'_B = A'z_B = U'c_+ \quad (7-8)$$

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

$$S_{@} = (U'Z_{@})^0 = (U'Uh'_{@})' = h_{@}$$

Para que se cumpla la igualdad (7-6) necesariamente ha de cumplirse que $F=I$, donde I es la matriz identidad. En el caso de una factorización JK-Biplot (7-1), teniendo en cuenta que:

$$y_A = Ak'_A \quad (7-9)$$

$$b_A = k_A = v_A \quad (7-9)$$

$$S'_B = D^0U'c_+ \quad (7-10)$$

Trasponiendo y sustituyendo (7-9) en (7-10):

$$s_{@} = (D^0U'c_+)' = (D^0U'UDv'_{@})' = v_{@} \quad (7-11)$$

ANEXOS

Para que se cumpla la igualdad (7-6) necesariamente ha de cumplirse que $F=I$. En el caso de una factorización HJ-Biplot (7-3), teniendo en cuenta que:

$$y_A = UDv'_A \quad (7-12)$$

$$b_A = h_A = v_AD \quad (7-13)$$

$$S'_B = D'^0U'_C \quad (7-14)$$

Trasponiendo y sustituyendo (7-12) en (7-14):

$$s_{@} = (D'^0U'_C)' = (D'^0U'UDv'_{@})' = v_{@}$$

Sustituyendo en la igualdad (7-6) y comparando con (7-13):

$$\begin{aligned} s_{@}F &= v_{@}F \\ b_{@} &= v_{@}D \end{aligned} \hat{=} F = D$$

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

De una forma similar a la mostrada anteriormente para las trayectorias de las variables se puede hacer el desarrollo para las trayectorias de los individuos calculadas según la ecuación (7-5), llegando a la misma conclusión.

En la Tabla 39 se observa un resumen de los factores necesarios para redimensionar las trayectorias al biplot de referencia.

Tabla 39 Factor de redimensión de las trayectorias.

GH-Biplot JK-Biplot HJ-Biplot.

Variables	$F=1$	$F=1$	$F=D$
Individuos	$F=1$	$F=1$	$F=D$

Con estos resultados, para las factorizaciones GH-Biplot y HJ-Biplot se puede escribir la ecuación (7-4) de la siguiente forma:

$$s = F(A'A)^{/0} A'z = U'z \quad (7-15)$$

Para factorizaciones JK-Biplot y HJ-Biplot podemos escribir la ecuación (7-5) de la siguiente forma:

$$o = F(B'B)^{/0} B'x = V'x \quad (7-16)$$

Propiedades del Biplot Dinámico

El análisis biplot del contexto de referencia tiene todas las propiedades de la factorización elegida para realizarlo. La interpretación correcta 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. Como se verá a continuación, si se procede a la estandarización de las variables con su media y su desviación típica (Bro y Smilde, 2003), se obtendrá unas propiedades añadidas que permitirá llegar a una conclusión importante.

ANEXOS

La nomenclatura que se utilizará 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 (7-15) dan origen a los vectores sk y st 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 (7-16) dan origen a los puntos ok y ot respectivamente.

Se analizan las propiedades más significativas que cada tipo de factorización aporta a las variables o a los individuos. Para las variables se estudian las factorizaciones GH- Biplot y HJ-Biplot y para los individuos JK-Biplot y HJ-Biplot. Como se puede 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.

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

ANEXOS

1) El producto escalar de cada columna de la matriz proyectada 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.

$$S'_{BS@} = Z'_{BZ@} \quad (7-17)$$

Desarrollando el producto escalar de st y sk :

En la factorización GH-Biplot, teniendo en cuenta que $z_t = y_j = Ab_t = Ub_t$, donde b_3 es el vector columna de la matriz B que contiene las coordenadas de las variables en el biplot de referencia, y por la ecuación (7-15):

$$s'_{BS@} = (U'z_B)U'z_{@} = Z'_{BU}U'z_{@} = z'_{BU}U'U b_{@} = z'_{BU} b_{@} = z'_{BZ@}$$

En la factorización HJ-Biplot, teniendo en cuenta que $z_t = y_j = UDv'_t$, donde v'_t es el vector columna de la matriz V que contiene los vectores propios por la derecha en el biplot de referencia, y por la ecuación (7-15).

$$s'_{BS@} = (U'z_B)'U'z_{@} = z'_{BU}U'z_{@} = z'_{BU}U'U Dv'_{@} = z'_{BZ@}$$

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.

$$S_B = (n - 1)\text{cov}(U, z_B)$$

Para las factorizaciones GH-Biplot y HJ-Biplot:

ANEXOS

La covarianza entre dos vectores es su producto escalar² y por la ecuación (7-15)

$$(n - 1)\text{cov}(U, z_B) = U'z_B = s_B$$

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 se ha visto en la ecuación (7-17), 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:

$$s'_{BS@} = z'_{BZ@} = (n - 1)\text{cov}(z_B z_{B@}) \quad (7-18)$$

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:

$$\cos(s_{>}, s_E) = \frac{FG4(I_t, I_{>})}{4_t} \quad (7-19)$$

² $\text{cov}(x, y) = \frac{1}{\sqrt{01_{.}}} (x - x+1) \frac{1}{\sqrt{01_{.}}} (y - y+1)$

ANEXOS

En efecto, teniendo en cuenta que: 1) el coseno de dos vectores se puede obtener del producto escalar de los mismos³, 2) que la norma de un vector se puede obtener del producto escalar del vector por sí mismo⁴, y 3) que el coeficiente de correlación múltiple rk es la suma de los coeficientes de correlación de cada variable en la regresión⁵: para la factorización GH-Biplot:

$$\cos(s_B, s_{@}) = \frac{s'_{BS@}}{|s_B||s_{@}|} = \frac{(n-1)\text{cov}(z_B, z_{@})}{(s'_{BSB})(s'_{@S@})}$$

por la ecuación (7-18) y por la definición de norma de un vector,

$$= \frac{(n-1)\text{cov}(z_B, z_{@})}{(n-1)(\sum \text{cov}^2(U, z_B))^{1/2}(n-1)^{1/2}} = \frac{\text{cov}(z_B, z_{@})}{\sum \text{cov}^2(U, z_B)^{1/2} \text{var}(z_B)^{1/2} (n-1)^{1/2}} =$$

Ya que $s_k = U' z_k$, $s_t = z_t$ y $\text{var}(U) = I/(n-1)$ al estar los datos centrados.

$$= \frac{\text{cor}(z_{>}, z_E)}{r_{>}} = \cos(s_{>}, s_E)$$

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

³ $xy = |x||y| \cos(x, y)$

⁴ Norma de $x: |x| = \sqrt{x'x}$

⁵ $r = 6R^3; R^3 = \sum \beta_{ir.4}$

ANEXOS

Para una factorización HJ-Biplot aplicando la ecuación (7-15) se llega al mismo resultado, reflejado en la ecuación (7-19).

5) Si se divide 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 se obtiene la varianza de la variable en el espacio completo.

$$\text{var}(z_B) = \frac{|9+|^{\&}}{(8/0)M^{\&}} \quad (2-20)$$

Para la factorización GH-Biplot:

Teniendo en cuenta que:

$$|S_B|^< = S'_{BSB} = (n - 1)^< \sum \text{cov}^< (A, z_B)$$

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

$$R^< = \sum \text{cor}^< (A, z_B) = \frac{(n - 1) \sum \text{cov}^< (A, z_B)}{\text{var}(z_B)}$$

y dividiendo:

$$\frac{|S_B|^<}{R^<} = \frac{(n - 1)^< \sum \text{cov}^< (A, z_B)}{\frac{(n - 1) \sum \text{cov}^< (A, z_B)}{\text{var}(z_B)}} = (n - 1)\text{var}(z_B)$$

Para una factorización HJ-Biplot aplicando la ecuación (7-15) se llega al mismo resultado, reflejado en la ecuación (2-20).

ANEXOS

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

$$\frac{\text{var}(\hat{z}_B)}{\text{var}(Z_B)} = R^2$$

Se puede calcular los valores estimados por la regresión $\hat{z}_k = U s_k = U U' z_k$.

$$\frac{\text{var}(\hat{z}_B)}{\text{var}(Z_B)} = \frac{\frac{1}{(n-1)} \hat{z}_B' \hat{z}_B}{\text{var}(Z_B)} = \frac{\frac{1}{(n-1)} (U U' Z_B)' (U U' Z_B)}{\text{var}(Z_B)} = \rho_B^2(U, z_B)$$

La longitud del vector 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 permiten calcular la Función de Autocorrelación de la variable.

Se ha visto en (7-18) 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:

$$\rho_B = \frac{\text{COV}(Z_{\hat{B}}, Z_{\hat{B}/B})}{\sqrt{\text{var}(Z_{\hat{B}}) \text{var}(Z_{\hat{B}/B})}}$$

ANEXOS

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

Propiedades para los marcadores fila (individuos)

Como se ha 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 X_i con la fila del individuo en la referencia t coinciden con los productos escalares de los marcadores de sus correspondientes proyecciones.

$$o'_{BO@} = X'_{BX@} \quad (7-21)$$

Desarrollando el producto escalar de o_t y o_k :

En la factorización JK-Biplot, teniendo en cuenta que $x_t = y_i = Ba_t = Va_t$ donde a_t es el vector columna de la matriz A que contiene las coordenadas de los individuos en el biplot de referencia, y por la ecuación (7-16):

$$o'_{BO@} = (V'_{XB})'V'_{X@} = x'_{BV}V'_{X@} = x'_{BV}V'Va@ = x'_{BV}a@ = x'_{BX@}$$

ANEXOS

En la factorización HJ-Biplot, teniendo en cuenta que $\mathbf{x}_t = \mathbf{y}_i = \mathbf{V}\mathbf{D}\mathbf{u}'_t$, 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 (7-16):

$$\mathbf{o}'_{B\mathcal{O}} = (\mathbf{V}'\mathbf{x}_B)' \mathbf{V}'\mathbf{x}_{\mathcal{O}} = \mathbf{x}'_B \mathbf{V} \mathbf{V}' \mathbf{x}_{\mathcal{O}} = \mathbf{x}'_B \mathbf{V} \mathbf{V}' \mathbf{V} \mathbf{D} \mathbf{u}'_{\mathcal{O}} = \mathbf{x}'_B \mathbf{x}_{\mathcal{O}}$$

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.

$$\cos(o_{>}, o_E) = \cos(x_{>}, x_E)$$

Debido a la ecuación (7-21) a que $\mathbf{o}_t = \mathbf{x}_t$, y a que como \mathbf{V} es ortogonal y cuadrada se verifica que

$$\mathbf{V}' = \mathbf{V}^{-1}, \mathbf{V}\mathbf{V}' = \mathbf{I}, \mathbf{o}'_{B\mathcal{O}} = \mathbf{x}'_B \mathbf{x}_B$$

$$\cos(o_{>}, o_E) = \frac{\mathbf{o}'_{>} \mathbf{o}_E}{|\mathbf{o}_{>}| |\mathbf{o}_E|} = \frac{\mathbf{x}'_{>} \mathbf{x}_E}{|\mathbf{x}_{>}| |\mathbf{x}_E|} = \cos(x_{>}, x_E)$$

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.

$$d(o_B, o_{\mathcal{O}}) = d(x_B, x_{\mathcal{O}})$$

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

$$\begin{aligned} d(o_B, o_{\mathcal{O}}) &= (\mathbf{o}_B - \mathbf{o}_{\mathcal{O}})' (\mathbf{o}_B - \mathbf{o}_{\mathcal{O}}) = (\mathbf{V}'\mathbf{x}_B - \mathbf{V}'\mathbf{x}_{\mathcal{O}})' (\mathbf{V}'\mathbf{x}_B - \mathbf{V}'\mathbf{x}_{\mathcal{O}}) = \\ &= (\mathbf{x}_B - \mathbf{x}_{\mathcal{O}})' \mathbf{V}\mathbf{V}' (\mathbf{x}_B - \mathbf{x}_{\mathcal{O}}) = d(x_B, x_{\mathcal{O}}) \end{aligned}$$