



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

---

FACULTAD DE CIENCIAS

EVALUACIÓN DE LAS SUSCRIPCIONES  
A PUBLICACIONES PERIÓDICAS  
IMPRESAS EN LA BIBLIOTECA DE LA  
FACULTAD DE CIENCIAS, MEDIANTE  
UN MODELO DE TEORÍA DE LAS  
DECISIONES

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

M A T E M Á T I C O

P R E S E N T A:

**DANIEL HERNÁNDEZ REYES**

DIRECTOR DE TESIS:  
MAT. ADRIÁN GIRARD ISLAS  
2012





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

---

## Hoja de Datos del Jurado

### 1. Datos del alumno

Hernández  
Reyes  
Daniel  
58 42 98 69  
Universidad Nacional Autónoma de  
México  
Facultad de Ciencias  
Matemáticas  
097169617

### 2. Datos del tutor

Mat  
Adrián  
Girard  
Islas

### 3. Datos del sinodal 1

Dra  
María de Luz  
Gasca  
Soto

### 4. Datos del sinodal 2

M en E  
Sergio  
Ortiz  
Rosas

### 5. Datos del sinodal 3

M en C  
Brenda  
Zavala  
López

### 6. Datos del sinodal 4

L en B  
María del Pilar  
Ladrón de Guevara  
Solís

### 7. Datos del trabajo escrito.

EVALUACIÓN DE LAS SUSCRIPCIONES PERIÓDICAS IMPRESAS EN LA BIBLIOTECA DE LA  
FACULTAD DE CIENCIAS MEDIANTE UN MODELO DE TEORÍA DE LAS DECISIONES

129 P

2012

# Dedicatoria

A Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis padres, por los ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan y que me han infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante, por sus valores que me han permitido ser una persona de bien.

A mis familiares, a mi hermana Lizbeth por su apoyo en momentos difíciles, gracias por estar conmigo en todo momento, a Kyo que es como un hijo para mí, ambos fueron un gran respaldo cuando lo necesite.

A mi tutor, Adrián por su gran apoyo y motivación para la elaboración de esta tesis, le agradezco también por lo mucho que he aprendido trabajando con él y por la amistad que me ha brindado durante estos años.

A todos mis sinodales por su tiempo y su contribución para enriquecer este trabajo: Dra. María de Luz Gasca Soto, M. en E. Sergio Ortiz Rosas, M. en C. Brenda Zavala Lopez y L. en B. María del Pilar Ladrón de Guevara Solís.

A todos mis amigos y a todas las personas que de una u otra forma contribuyeron en esto.

---

EVALUACIÓN DE LAS SUSCRIPCIONES  
A PUBLICACIONES PERIÓDICAS  
IMPRESAS EN LA BIBLIOTECA DE LA  
FACULTAD DE CIENCIAS MEDIANTE  
UN MODELO DE TEORÍA DE LAS  
DECISIONES

# Índice general

<b>Introducción</b>	<b>7</b>
<b>1. Antecedentes</b>	<b>9</b>
<b>2. Las publicaciones periódicas impresas en la biblioteca de la Facultad de Ciencias</b>	<b>23</b>
2.1. Las suscripciones a revistas impresas . . . . .	23
2.2. Formulación del problema de decisión . . . . .	27
2.3. Aspectos relevantes a evaluar . . . . .	28
2.4. Estado de las publicaciones periódicas . . . . .	30
2.4.1. Criterio de costo . . . . .	31
2.4.2. Criterio de uso . . . . .	32
2.4.3. Criterio de Relevancia . . . . .	32
2.4.4. Criterios de accesibilidad a la información . . . . .	34
2.5. Definición del problema . . . . .	36
<b>3. Los métodos de sobreclasificación basados en modelos de preferencias</b>	<b>37</b>
3.1. Modelos de decisión . . . . .	37
3.1.1. Teoría de utilidades multiatributo . . . . .	40
3.1.2. La familia de los métodos ELECTRE . . . . .	41
3.1.3. Modelos de preferencias mediante relaciones binarias . . . . .	44
3.1.4. Modelación de preferencias mediante relaciones binarias ( <i>Jaquet – Lagrèze, 1983</i> ) . . . . .	45
3.2. Conceptos básicos para construir relaciones de sobreclasificación . . . . .	49
3.2.1. Consideraciones generales . . . . .	49

---

3.2.2. Índices de concordancia y discordancia . . . . .	52
3.3. Descripción del Método de decisión . . . . .	61
3.3.1. Algoritmo ELECTRE II . . . . .	61
3.3.2. Ejemplo de aplicación del algoritmo sobre un conjunto de títulos de publicaciones periódicas . . . . .	66
3.3.3. Ordenamiento obtenido . . . . .	83
<b>4. Aplicación del Método ELECTRE II a los conjuntos de títulos por área . . . . .</b>	<b>85</b>
4.1. Ordenamiento de los títulos de Actuaría . . . . .	86
4.2. Ordenamiento de los títulos de Biología . . . . .	88
4.3. Ordenamiento de los títulos de Computación . . . . .	92
4.4. Ordenamiento de los títulos de Física . . . . .	94
4.5. Ordenamiento de los títulos de Matemáticas . . . . .	95
<b>Conclusiones . . . . .</b>	<b>97</b>
<b>Bibliografía . . . . .</b>	<b>99</b>
<b>Anexos . . . . .</b>	<b>101</b>

# Introducción

La Investigación de Operaciones es una herramienta que puede apoyar a los bibliotecarios, ya que su labor requiere de la constante toma de decisiones. El administrador de una biblioteca debe desarrollar diferentes estrategias de solución para los problemas que surgen en las actividades bibliotecarias, para después determinar cuáles de ellas son factibles para su implementación, evaluarlas y finalmente elegir la óptima.

Una herramienta fundamental para lograrlo es, sin duda, la incorporación de modelos matemáticos, algunos de éstos han sido construidos para analizar fenómenos propios de las bibliotecas como el comportamiento de usuarios, los patrones de uso, el tamaño de las colecciones y la organización del personal, por mencionar algunos ejemplos. Algunos problemas de decisión, que por su naturaleza o diseño admiten un número finito de alternativas de solución, pueden estructurarse mediante conceptos básicos de la Teoría de Decisiones; entre ellos se encuentran los métodos ELECTRE que llevan a la obtención de ordenamientos de alternativas. En esta metodología se han formulado varios algoritmos, los cuales pueden definirse en cuatro métodos (ELECTRE I, II, III, IV) que de acuerdo a la naturaleza del problema (escoger, clasificar u ordenar) dan como resultado de su aplicación un ordenamiento parcial o total si éste existe.

El objetivo de este trabajo es proponer un ordenamiento descendente de acuerdo a la importancia que representan, para los sectores académicos de la Facultad de Ciencias, las suscripciones a revistas científicas especializadas y de divulgación, en formato impreso, suscritas por la biblioteca, considerando como tronco el sistema bibliotecario de la UNAM y utilizando una metodología de la Teoría de Decisiones.

---

En el Capítulo 1 se revisa la aplicación de técnicas de Investigación de Operaciones en problemas del entorno bibliotecológico, además se define y clasifica a las publicaciones periódicas, se detalla su importancia en el ámbito científico y la función de la biblioteca en su administración. Se plantea el problema de selección de suscripciones y sus diferentes variantes en bibliotecas.

En el Capítulo 2 se describe la situación de las suscripciones a publicaciones periódicas impresas en el sistema bibliotecario de la UNAM, así como la colección de éstas en la biblioteca de la Facultad de Ciencias y su clasificación por áreas del conocimiento. Se plantea el problema económico generado por la duplicidad de suscripciones en bibliotecas dentro del campus universitario y se detallan los aspectos relevantes a evaluar en una suscripción.

En el Capítulo 3 se justifica la aplicación de un modelo de la Teoría de Decisiones para el problema planteado. En particular, se presenta la familia de métodos ELECTRE y se establece como el modelo adecuado para resolver dicho problema al Método ELECTRE II mediante el uso de un modelo de preferencias basado en las relaciones binarias de sobreclasificación como elemento básico del método. Se describe el Método ELECTRE II y se detalla su aplicación considerando como ejemplo el conjunto de suscripciones a revistas impresas multidisciplinarias de la biblioteca.

En el Capítulo 4 se aplica el método propuesto a cada uno de los conjuntos de suscripciones, por área del conocimiento, utilizando una aplicación computacional ya desarrollada. Se interpretan los resultados para elaborar una propuesta de priorización de suscripciones para cada una de las áreas.

Por último se presentan conclusiones y recomendaciones a partir de los análisis realizados.

Al final del trabajo se incluye en el Anexo 1, la información de los títulos por área del conocimiento, con los criterios de evaluación.

# Capítulo 1

## Antecedentes

La Enciclopedia Británica define la Investigación de Operaciones (IDO) como *la aplicación del método científico al manejo y administración de procesos militares, gubernamentales, comerciales e industriales organizados* [8].

Las técnicas de Investigación de Operaciones han sido desarrolladas para proporcionar, a quienes administran sistemas organizados, de herramientas matemáticas objetivas y cuantitativas que los apoyen principalmente en la toma de decisiones.

Generalmente, la aplicación de estas técnicas requiere, dependiendo de la naturaleza del problema a resolver, la participación de un equipo multidisciplinario de profesionales, que puede conformarse por científicos, ingenieros, administradores, etcétera.

Puede decirse que la Investigación de Operaciones no es una ciencia sino la aplicación de la ciencia para resolver problemas en diferentes campos de la actividad humana. Para los sistemas que dan origen a problemas a resolver con técnicas de Investigación de Operaciones, el comportamiento humano es importante, a diferencia de los sistemas abordados por la ingeniería.

El objetivo principal de la Investigación de Operaciones es apoyar la toma de las decisiones que controla la operación de los sistemas, por lo que considera:

- Cómo deben ser tomadas las decisiones administrativas.
- Cómo reunir y procesar la información necesaria.
- Cómo monitorear los resultados, una vez que han sido implementadas las decisiones.

Las técnicas de Investigación de Operaciones tienen como base áreas de las matemáticas muy desarrolladas como la lógica, la estadística, el álgebra lineal, la teoría de las gráficas, así como también se apoyan en disciplinas más recientes como la teoría de comunicaciones, la teoría de las decisiones o la informática, entre otras.

En el *enfoque de sistemas*, la Investigación de Operaciones impacta fundamentalmente en las fases de diseño y evaluación, debido a que se orienta definitivamente en la toma de decisiones. Por esta razón es posible entender a la Investigación de Operaciones como un conjunto de herramientas altamente capaces de auxiliar a un administrador moderno.

Los métodos matemáticos de la Investigación de Operaciones ayudan a determinar la factibilidad de diferentes soluciones y también a encontrar la óptima. Este proceso involucra la especificación y evaluación de un conjunto de acciones, cuyo resultado es el señalamiento de una o más de estas acciones como la que mejor resuelve el problema de decisión que enfrenta una persona.

Un aspecto clave de la administración moderna es el uso del enfoque de sistemas<sup>1</sup> para resolver problemas apoyándose en un modelo de la situación a examinar y en la comprensión de sus objetivos subyacentes. Cuando éstos incorporan medidas cuantitativas que convierten a las evaluaciones de las posibles decisiones en alternativas, se puede decir que se realiza un estudio de Investigación de Operaciones.

---

<sup>1</sup>Uso de un modelo o representación de un objeto percibido.

Una biblioteca, como cualquier otro sistema de información, requiere necesariamente de procesos administrativos como planear, organizar, distribuir personal, dirigir, coordinar, informar, ejercer presupuesto o supervisar[1].

La biblioteca moderna se enfrenta a diferentes problemáticas que afectan su funcionamiento. Por ejemplo, el incremento de los costos de sus materiales bibliográficos, el incremento de la competencia por fondos, la creciente variedad de la demanda de información de sus usuarios o el crecimiento de la información en formatos electrónicos que requieren tecnología, entre otras.

Por lo tanto, es posible percibir a la biblioteca como un sistema de información en el que deben tomarse las mejores decisiones, las cuales pueden apoyarse en la aplicación de técnicas de Investigación de Operaciones.

### **Un poco de Historia**

El ser humano ha buscado siempre la forma de facilitar sus actividades. Por ejemplo, en el siglo XIX logró avances significativos al sustituir el trabajo físico o mano de obra necesaria en la producción, mediante la construcción de maquinaria que lo realizara, incluso de forma más eficiente; esta automatización del trabajo físico desencadenó la Revolución Industrial y generó la disciplina que hoy conocemos como Ingeniería Industrial. En el siglo XX se logró, mediante desarrollos tecnológicos como el teléfono, el radar o la computadora, cierto grado de automatización del trabajo mental, por ejemplo el procesamiento de datos o la toma de decisiones computarizadas. En este sentido la Investigación de Operaciones puede interpretarse como la aplicación del método científico para automatizar en cierta medida el trabajo intelectual, ya que sus resultados permiten tomar mejores decisiones.

Cualquier esfuerzo realizado para manejar y entender sistemas organizados mediante la aplicación del método científico puede considerarse como precursor de la Investigación de Operaciones, sin embargo el término comenzó a utilizarse en 1937 en la Gran Bretaña; fue allí donde se conformó el primer equipo multidisciplinario de científicos con el fin de instruir a los comandantes militares en el uso del radar, de reciente invención, para apoyar la localización de aviones enemigos. El superintendente de la *Bawdsey*

*Research Station*, A.P. Rowe, fue quien tomó esta iniciativa.

La Real Fuerza Aérea de la Gran Bretaña comenzó en 1939 a realizar análisis de sus equipos y de las redes de comunicación, para después examinar también el comportamiento de su personal de operaciones y de sus ejecutivos. Estos estudios permitieron encontrar nuevas técnicas a implementar en las operaciones y descubrieron deficiencias en las redes. Estudios similares comenzaron a realizarse también en la Armada Británica y en la Marina Real. Un ejemplo notable ocurrido en la armada fue la conformación del equipo de científicos reunido por el físico británico P.M.S. Blackett que consistió de dos fisiólogos, dos físico-matemáticos, un astrofísico, un oficial de la armada y dos matemáticos, entre otros. En el año de 1942 ya habían sido incorporados equipos de esta naturaleza en las tres divisiones militares. Los estudios de Investigación de Operaciones se desarrollaron simultáneamente en países como Australia, Canadá, Francia y Estados Unidos. En particular, en este último se realizó su primer ejercicio en 1942 en el *Naval Ordnance Laboratory*, con un equipo que trabajó en la localización de minas.

Al término de la Segunda Guerra Mundial la metodología desarrollada para la Investigación de Operaciones fue aplicada a campos como la industria o el gobierno principalmente; esto se debió a que los equipos de investigación fueron incorporados a estos sectores, por ejemplo, en Gran Bretaña la nacionalización de las industrias de electricidad y transporte favoreció la aplicación de la nueva metodología a éstas. Para los años 50's la aplicación de la Investigación de Operaciones en la Gran Bretaña presentaba ya un crecimiento acelerado sobre todo en la industria.

Un acontecimiento que favoreció el desarrollo de estudios de Investigación de Operaciones en Estados Unidos fue el invento de la computadora, ya que permitió el procesamiento masivo de información.

La primera aparición de la Investigación de Operaciones como una disciplina académica se realizó en 1948 en el *MIT*<sup>2</sup> en Cambridge, en donde se impartió un curso con aplicaciones no militares. Muchas otras instituciones han incorporado desde entonces este tipo de cursos a sus programas.

---

<sup>2</sup>MIT, de las siglas en Inglés de Massachusetts Institute of Technology.

## El uso de la Investigación de Operaciones en bibliotecas

La Investigación de Operaciones puede apoyar a los bibliotecarios, ya que su labor requiere de la constante toma de decisiones. Un bibliotecario debe desarrollar diferentes estrategias de solución para un problema, determinar cuáles de ellas son factibles para su implementación, evaluarlas, y finalmente, elegir la óptima.

En la década de los 40's se iniciaron los estudios de Investigación de Operaciones aplicados a las bibliotecas, principalmente en las áreas administrativas, mediante las nuevas técnicas de administración científica. Estas técnicas incorporaron el uso de diagramas de flujo, estudios de movimiento, estudios de tiempo, estudios de costos, contabilidad y métodos de presupuestación.

Una herramienta fundamental para éstos estudios fue, sin duda, la incorporación de modelos matemáticos a la metodología. Algunos de estos han sido construidos para analizar fenómenos propios de las bibliotecas como el comportamiento de usuarios, los patrones de uso, el tamaño de las colecciones y la organización del personal. Para los análisis necesarios ha resultado indispensable la recolección cuidadosa de datos que describan con precisión los fenómenos. Por ejemplo, el hecho de que algunos ejemplares de una colección se utilizan más que otros, el desarrollo y crecimiento de la colección, así como su uso, son fenómenos que han sido observados y estudiados a lo largo del tiempo.

Decisiones importantes en las bibliotecas como la selección y el almacenamiento del material bibliográfico, las políticas de duplicación y préstamo de esos materiales pueden tomarse con base en los resultados obtenidos de modelos predictivos de Investigación de Operaciones.

En 1968, el físico Philip Morse publicó el libro titulado *Library Effectiveness* como resultado de su experiencia en el área de Investigación de Operaciones y de su curso desarrollado en el *MIT*, en el que incluía aplicaciones de esta disciplina a problemas generados en el entorno de las bibliotecas. En su obra aborda tanto el problema de uso del material bibliográfico como problemas de almacenamiento y selección, además incorpora, entre otras técnicas de modelado, la teoría de colas, a partir de la

que genera políticas de préstamo[1].

Esta publicación de Morse es considerada la primera obra que aborda la aplicación de técnicas de Investigación de Operaciones a las bibliotecas. La biblioteca del MIT fue la primera en apoyarse en estas técnicas para la realización de sus actividades y su administración. Posteriormente, otras bibliotecas en Estados Unidos han realizado este tipo de estudios, como la de la *John Hopkins University* que utilizó el enfoque de sistemas y las técnicas de administración científica.

Poco después, en la década de los 70's, se realizaron aplicaciones de la Teoría de Gráficas a redes de bibliotecas y centros de información en la *Southern Methodist University*. A principios de los 80's la *American Library Association* publicó el libro *A Tool for Library Management* con el fin de introducir a los profesionales de las bibliotecas en las técnicas de Investigación de Operaciones[1].

Sin embargo, en los últimos años no se han publicado más textos con esta temática ya que la aplicación de la Investigación de Operaciones en las bibliotecas ha sido poco considerada en tiempos recientes, a pesar de que se cuenta con numerosas herramientas computarizadas y la mayoría de los algoritmos necesarios se encuentran programados, por lo que no se espera que los bibliotecarios se enfrenten a la complejidad de las teorías matemáticas, sino más bien que puedan formular adecuadamente el problema, suministrar la información y parámetros necesarios para posteriormente interpretar e implementar los resultados.

No resulta extraño que muchos administradores de bibliotecas no incluyan técnicas de Investigación de Operaciones en sus procesos de decisión. Una razón importante es quizá, que no las conocen o se encuentran poco familiarizados con ellas. Además, en general, éstas tienen un alto grado de sofisticación matemática y los modelos planteados pueden resultar muy complejos. Por otro lado, los estudios de Investigación de Operaciones realizados en bibliotecas, con frecuencia han sido elaborados por investigadores que no tienen experiencia en bibliotecología. Como consecuencia, la literatura sobre aplicaciones de Investigación de Operaciones en bibliotecas no es abundante, o bien los modelos no necesariamente son realistas, debido a que difícilmente se incluyen profesionales de la bibliotecología en el equipo de análisis.

Una característica fundamental en las bibliotecas es que son organizaciones sin fines de lucro, por lo que sus servicios son públicos y gratuitos. Esto no favorece la medición en la prestación de sus servicios de información, ni la medición de su desempeño, así como al establecimiento de las normas de operación de la colección bibliográfica; además de la existencia de una gran cantidad de factores intangibles incluyendo al factor humano.

Un problema adicional para la realización de estudios de Investigación de Operaciones en bibliotecas es la falta de recopilación sistematizada de los datos necesarios para la construcción de los modelos. La recopilación de datos generalmente es costosa y requiere de tiempo y un gran esfuerzo. Además muchos algoritmos funcionan con medidas concretas y no todas las situaciones en una biblioteca favorecen la precisión de los datos.

A continuación se presentan algunos ejemplos relacionados con la Toma de Decisiones en una biblioteca, en ellos se muestra cómo pueden ser aplicadas las técnicas de Investigación de Operaciones[12].

### **Ejemplo 1.**

Uno de los servicios básicos que ofrece una biblioteca es el “Servicio de Préstamo de materiales a domicilio”, el cual implica plantear qué período de días será el adecuado para que el usuario satisfaga sus necesidades de información. Existe la disyuntiva, por un lado, al fijar un período de préstamo, saber si es el suficiente para el usuario, ya que si son pocos los días de préstamo, se crea la necesidad de estar resellando el material las veces que se requiera, si la biblioteca lo permite, lo que implicará que el bibliotecario realice más de una vez el proceso de préstamos, por otro lado, si son muchos los días, habrá usuarios que requieran ese material y que no puedan usarlo debido a que se encuentre en calidad de préstamo. También hay títulos que sólo ocupan un lugar en el estante y no son utilizados de una manera óptima, o que en definitiva nunca han sido prestados. Por lo que se tendrá que establecer una “política” o un mecanismo que permita plantear de manera correcta un período de préstamo a domicilio basado en los efectos de varias longitudes de éste. Por lo tanto, dado el tiempo

promedio de circulación de un libro ( $1/\mu$ ) y el número promedio de personas que lo piden prestado ( $\lambda$ ), la tasa de circulación o de espera de ese libro en particular, podría obtenerse a partir de la Teoría de Colas.

**Ejemplo 2.** Tomando en cuenta el número de personal disponible en la biblioteca, el número de puestos de trabajo diferentes y los tiempos de procesamiento de una tarea específica, un modelo de simulación resultaría útil para estimar los plazos, los tiempos de procesamiento y la utilización de cada miembro del personal y toda la instalación.

**Ejemplo 3.** Si existieran dos tipos de servicios de información que comparten el mismo conjunto de recursos, pero que tienen diferentes unidades de beneficio, un planteamiento de programación lineal podría usarse para determinar el número de servicios de cada tipo que se deben producir para obtener el beneficio máximo.

**Ejemplo 4.** Una decisión respecto a si se debe, o no, instalar un sistema de seguridad para una colección bibliográfica puede analizarse considerando el costo de instalación y sus probabilidades de éxito y fracaso.

**Ejemplo 5.** Para determinar la cantidad óptima de ejemplares que deben encontrarse en el acervo de una colección bibliográfica puede plantearse un modelo de teoría de las decisiones.

Los ejemplos anteriores muestran situaciones de decisión comunes en bibliotecas, tales como períodos de préstamo de materiales, número de personal, cantidad de ejemplares a adquirir, entre otros. Se hace evidente como la Investigación de Operaciones puede emplearse para resolver una amplia gama de problemas en una biblioteca.

## Las publicaciones periódicas

Las publicaciones periódicas, seriadas o revistas, son impresos que se publican en intervalos de tiempo comúnmente regulares. Su edición se realiza de forma indefinida a través de la numeración de sus ejemplares o fascículos, que se agrupan en volúmenes.

La forma de adquirir este tipo de publicaciones es a través de una suscripción que permitirá recibir del editor los fascículos que se van publicando. El contenido de éstas consiste de artículos escritos por diferentes autores y presentan información más actualizada y específica que la encontrada en los libros.

En la década de los 70's debido al incremento de las publicaciones periódicas en el mundo y a las dificultades que conlleva tanto su identificación como su control, organismos internacionales como la UNESCO se dieron a la tarea de crear sistemas de identificación y descripción que permitieran por medios automáticos, un control adecuado de las mismas.

De acuerdo con la UNESCO existen tres categorías de publicaciones periódicas:

- *Las revistas de primer nivel* son editadas y publicadas por sociedades científicas reconocidas internacionalmente, de costos poco elevados pues cuentan con recursos económicos provenientes de los asociados.
- *Las revistas de segundo nivel* son aquellas en las cuales los procesos de edición, publicación y comercialización se realizan a través de grandes compañías transnacionales, lo que les confiere prestigio, pero tienen el inconveniente de un costo elevado de suscripción y con ello se limita su circulación.
- *Las revistas de tercer nivel* son editadas y publicadas por entidades públicas (universidades y hospitales, por ejemplo); instituciones que les imprimen los problemas propios de la dependencia administrativa (bajos presupuestos de operación, cambio de funcionarios) lo cual a la larga favorece a la interrupción de su periodicidad, distribución y difusión.

De acuerdo al nivel de especialización de su contenido y al público al que se dirigen, las revistas pueden clasificarse también en:

- Revistas de divulgación (*magazines*). Están dirigidas a un público no especializado para informarlo o darle esparcimiento, así como para inducirlo a un tema.
- Revistas académicas (*journals*). Contienen artículos especializados sobre investigaciones, a través de los cuales es dada a conocer información científica y tecnológica.

## **Importancia de las publicaciones periódicas en una biblioteca**

En términos generales, se considera a una hemeroteca como una parte o sección de una biblioteca o bien, como una biblioteca especializada tanto en conservar como difundir publicaciones periódicas. De esta forma las hemerotecas de las bibliotecas universitarias adquieren una especial relevancia debido al servicio que proporcionan para cubrir las necesidades de información actualizada, propias de los profesores e investigadores, así como de alumnos de posgrado. Estas necesidades se han incrementado considerablemente en la segunda mitad del siglo XX, con el rápido proceso de especialización en los diferentes campos del conocimiento, la internacionalización en los métodos de trabajo, así como con la proliferación de publicaciones de carácter científico.

Las funciones de docencia e investigación de cualquier universidad se apoyan, en buena medida, en sus colecciones de publicaciones periódicas. Una hemeroteca universitaria adecuada permitirá a los docentes-investigadores estar al día en las nuevas técnicas y avances desarrollados mundialmente en su área del conocimiento, lo que repercutirá necesariamente en la calidad de sus actividades docentes y de su propia investigación.

El desarrollo de la colección de publicaciones periódicas es muy importante para una biblioteca universitaria, ya que una colección adecuada a los requerimientos de información de sus usuarios, le permitirá contener únicamente los títulos necesarios para atenderlos, considerando como factores importantes su disponibilidad de recursos

económicos para suscripciones, de espacio para contener la colección, de recursos para administrar los servicios, etcétera.

Es por esto que las administraciones de bibliotecas se han planteado diversos problemas alrededor del desarrollo de sus colecciones de publicaciones periódicas, tales como la selección de títulos a suscribir o la evaluación para la adquisición de nuevos títulos, por ejemplo.

## **La selección de publicaciones periódicas. Desarrollo de la colección**

Toda colección en una biblioteca exige un proceso de organización amplio denominado gestión o desarrollo. Este gran proceso hace referencia a todo lo relacionado con la planificación, la conformación, la evaluación y el mantenimiento de la colección. Incluye además diversas acciones como la determinación de los criterios de selección, la identificación de las necesidades de los usuarios, el procedimiento de adquisición o suscripción, el uso, la evaluación de los títulos, la conservación, la cooperación para compartir recursos y el descarte. Hoy en día se consideran de gran importancia la evaluación y la gestión de las colecciones y no solamente su crecimiento. El desarrollo de una colección de publicaciones periódicas no termina cuando se coloca un fascículo en el estante; debe evaluarse su uso, la vigencia de su contenido, su estado de conservación, su descarte potencial. Para este desarrollo se requiere de un plan coordinado de las áreas de gestión de la biblioteca.

Un programa de desarrollo de una colección debe contemplar además de los objetivos que se persiguen al formar la colección, su amplitud, sus formatos, los recursos económicos, los criterios de distribución presupuestaria, la descripción de los procesos de gestión a aplicar, los planes de cooperación y evaluación, entre otros. Por todo ello, este programa será el instrumento de los bibliotecarios para actuar, evaluar, cooperar, utilizar criterios correctos de selección, establecer prioridades de catalogación, etcétera. Las colecciones son el soporte fundamental de los servicios de la biblioteca, en particular, las colecciones de publicaciones periódicas son el fundamento de las hemerotecas.

El proceso de selección de títulos es obligado y no es tan sencillo como pudiera parecer. Requiere de buenos conocimientos profesionales, editoriales y culturales, pues no hay criterios totalmente generales y objetivos. Una buena selección de títulos produce una buena hemeroteca, que provee al usuario de lo que necesita y le da a conocer lo que desconoce. Para una selección exitosa deben tenerse en cuenta: los objetivos de la institución, las demandas de los usuarios, las disponibilidades económicas, las relaciones de cooperación que se tengan, recomendaciones cuantitativas y cualitativas, entre otros aspectos. Importa tanto el tamaño, como la calidad y el uso de la colección.

La selección de publicaciones periódicas varía de acuerdo al tipo de biblioteca; por ejemplo: una biblioteca pública debe desarrollar la colección universal más variada debido a la heterogeneidad de sus usuarios, una biblioteca escolar debe dar gran atención a las revistas científicas, una biblioteca especializada debe contar con libros, publicaciones periódicas, folletos, informes sobre los diversos tipos de investigación que se llevan a cabo en laboratorios y colegios entre otros.

La selección se puede realizar de modo directo, revisando las obras, o través de fuentes de información, críticas, bibliografías de obras recomendadas, guías de lectura, etcétera. Cuando se debe elegir entre un conjunto de títulos a adquirir, o evaluar los que ya se tienen, o seleccionar para descarte algunos, es posible apoyar estas decisiones mediante métodos que incluyan modelos matemáticos. Por su importancia, el problema de selección de títulos de publicaciones periódicas ha sido trabajado por estudiosos de la bibliotecología.

La Tabla 1.1 muestra algunos modelos involucrados en la selección de revistas. Esta tabla fue publicada en 1976 en el *Bulletin of the Medical Library Association*, bajo el título *Journal Selection Decisions: A Biomedical Operations Research Model 1: The Framework*[14]. En ella se resumen diferentes situaciones a las que se han enfrentado los administradores de bibliotecas en torno a decisiones a tomar sobre sus colecciones de publicaciones periódicas. Para decidir políticas adecuadas a sus necesidades fue necesario que cada biblioteca formulara su problemática y realizara los estudios pertinentes incluyendo los modelos que representaran los elementos esenciales de su problemática particular.

Referencia (Autor)	Problema de decisión	Criterios y técnicas	Datos necesarios	Regla de decisión
Brookes	Determinar la posibilidad de adquirir revistas o adquirir fotocopias bajo demanda.	Minimizar el costo total de la operación; análisis de equilibrio de los costos en función de la demanda.	Costos por adquirir o fotocopiar las revistas; demanda de revistas.	Comprar sólo si la demanda es lo suficientemente alta para hacer la adquisición menos cara que el fotocopiado.
Williams	Determinar la posibilidad de adquirir revistas o adquirir fotocopias bajo demanda.	Minimizar el costo total de la operación; análisis de equilibrio de los costos en función de la demanda.	Costos por adquirir o fotocopiar las revistas; demanda de revistas.	Comprar sólo si la demanda es lo suficientemente alta para hacer la adquisición menos cara que el fotocopiado.
Kraft and Hill	Determinar la posibilidad de adquirir o no diversas revistas.	Maximizar el valor total de la colección, sujeto a restricciones de costo, programación lineal. (análisis costo beneficio)	Costos de suscripción, adquisición, almacenaje y circulación de las revistas, valor de la revista (uso o productividad), presupuesto.	Comprar sólo aquellas revistas cuyo costo beneficio sea el mejor, hasta agotar el presupuesto.
Woodburn	Determinar los elementos que van a cada una de las bibliotecas en los distintos niveles de un sistema bibliotecario jerárquico.	Maximización del uso implícito, ningún criterio explícito .	Uso de cada elemento en todos los niveles.	Garantizar la cantidad suficiente de elementos con gran demanda en cada nivel.
Brookes	Si un usuario debe ir a una biblioteca principal o una sucursal de ésta en un sistema jerárquico.	Minimizar el costo total esperado de usuario, análisis de punto de equilibrio.	Los costos para el usuario para su traslado a una sucursal o a la biblioteca principal, probabilidad de que pueda obtener los elementos deseados.	Ir a la sucursal sólo si la probabilidad de encontrar los elementos deseados es lo suficientemente grande.
Pitt and Kraft	Determinar cuántos elementos nuevos debe adquirir una sucursal de una biblioteca y aún así tener dinero suficiente para la fotoduplicación de artículos que no adquiere, dadas las exigencias de los usuarios.	Maximizar la satisfacción del usuario (número de peticiones satisfechas), sujeto a las limitaciones de presupuesto, programación lineal entera mixta.	Los costos de adquirir o fotocopiar revistas (plazos y costos de página), presupuesto para la adquisición o fotoduplicación.	Comprar suficientes elementos para obtener una alta satisfacción, mientras se conserva dinero para fotocopias.
Rush, Steingberg and Kraft	Determinar las revistas que han de ser conservadas, microfilmadas, almacenadas y cuáles han de ser desechadas.	Maximizar el valor ponderado total de la colección, el uso de la incorporación, la pertinencia y la disponibilidad de otros factores.	Pesos, medidas de uso, medidas subjetivas de relevancia, disponibilidad de las mediciones (medidas subjetivas de conveniencia de cada título), ponderaciones de preferencias del usuario en relación al uso de copias y diapositivas, costos de encuadernación y elaboración de diapositivas.	Conservar sólo aquellos títulos cuyo costo beneficio obtenido de la elaboración de diapositivas sea mayor que el costo beneficio obtenido por encuadernación.
Dym and Shirey	Determinar los títulos de revistas a ser adquiridos.	Maximización implícita del valor subjetivo, ningún criterio explícito.	Opiniones subjetivas de expertos sobre el valor de la revista a través del valor de un artículo, tamaño de la muestra y el método de selección de los expertos, las pruebas de consistencia entre el panel de expertos, lista de criterios (relevancia del tema, la metodología, la actualidad del tema).	Adquirir sólo aquellas revistas consideradas lo suficientemente importantes por el consenso del panel de expertos.

Tabla 1.1: Comparación de modelos de decisión sobre publicaciones seriadas en bibliotecas[14].

Por ejemplo, el problema abordado por Dym and Shirey, consiste en determinar qué títulos de revistas deben ser adquiridos, de acuerdo a la importancia de su contenido, para lo cual consideraron las opiniones de expertos sobre el valor de los artículos, dichas opiniones se basaron en datos como la relevancia del tema, la metodología y la actualidad del mismo, y concluyeron que la decisión debe tomarse en relación a la adquisición de las revistas que sean consideradas lo suficientemente importantes para el grupo de expertos.

## Capítulo 2

# Las publicaciones periódicas impresas en la biblioteca de la Facultad de Ciencias

En este capítulo se describen las suscripciones a revistas impresas en la UNAM, el impacto de la transición al formato electrónico, el uso y la aplicación de políticas de racionalización de recursos. En primer lugar se abordará la formulación del problema de decisión en torno a la pertinencia de mantener o cancelar suscripciones a publicaciones periódicas impresas en la biblioteca de la Facultad de Ciencias; después se explicarán aspectos relevantes a evaluar en las suscripciones y finalmente se revisarán las publicaciones periódicas impresas en la Facultad de Ciencias y sus criterios de evaluación.

### 2.1. Las suscripciones a revistas impresas

Para cumplir con sus actividades sustantivas de docencia, investigación, extensión y difusión de la cultura, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) requiere estar a la vanguardia del conocimiento en las áreas científicas, humanísticas y de las artes. Una fuente primordial para su actualización la constituye la adquisición de publicaciones periódicas de los diversos tipos definidos en el capítulo anterior.

El desarrollo de las colecciones de publicaciones periódicas realizado de forma individual por cada una de las bibliotecas de las diferentes entidades académicas (facultades, escuelas, institutos y centros de investigación) resolvió, en su momento, las necesidades de cada sector de la comunidad universitaria con la aplicación de esta política. Sin embargo, para el año 2000 la UNAM contó con 13,516 suscripciones correspondientes a cerca de 8,000 títulos diferentes de revistas científicas y técnicas, lo que representó un gasto de aproximadamente 114 millones de pesos.<sup>1</sup>

Para normar y regular la actividad de las bibliotecas, la UNAM cuenta con la Dirección General de Bibliotecas (DGB) quien entre otras actividades elabora el plan anual sobre los aspectos operativos necesarios para el buen funcionamiento del sistema bibliotecario; coadyuva en la vigilancia de la utilización racional de los recursos presupuestarios, de todo tipo, que se destinen a los servicios bibliotecarios y de información; también supervisa su utilización exclusiva con la finalidad para la que fueron asignados; opina sobre la creación, fusión, edificación, ampliación o remodelación de las bibliotecas, conforme a las solicitudes de las entidades académicas y dependencias de la Universidad; realiza los procesos técnicos de los materiales documentales en cualquier formato adquiridos por las bibliotecas para mantener un sistema general de información sobre dichos acervos.<sup>2</sup>

En particular, la DGB realiza la contratación centralizada de las suscripciones a las publicaciones seriadas para la mayoría de las bibliotecas y unidades de información del sistema de la UNAM. Estas incluyen a las revistas técnicas y científicas, tanto impresas como electrónicas, además de las bases de datos referenciales y las de texto completo.

En el artículo “Programa de Racionalización de Recursos Primera Etapa” la DGB señala que, debido al uso creciente de las revistas electrónicas en los últimos 10 años y al cambio en las políticas de precios de los editores y proveedores con respecto a los formatos impreso y electrónico, se observó una desproporción entre la inversión destinada al material impreso y la destinada

---

<sup>1</sup>Memoria 2000, UNAM

<sup>2</sup>Reglamento General del Sistema Bibliotecario y de información de la Universidad Nacional Autónoma de México.

al electrónico que se adquiriría[13].

La DGB manifiesta que esa desproporción era generada, en buena medida, por la gran duplicidad de suscripciones impresas a revistas, generalmente de alto costo, a pesar de la existencia de sus versiones electrónicas disponibles a través del catálogo de revistas electrónicas de la UNAM.<sup>3</sup> En el mismo artículo la DGB comenta que:

“... Hay que resaltar que la revista electrónica cobra cada vez mayor importancia entre los miembros de la comunidad académica y los miles de usuarios de la UNAM que la utilizan, debido a las ventajas que ofrece en relación con el formato impreso, principalmente porque permite consultas simultáneas por varios usuarios las 24 horas del día y los 365 días del año. ...”

La DGB observó, además, la existencia de un gran número de suscripciones duplicadas en papel en las bibliotecas de los centros e institutos de investigación, que se repetían también en algunas facultades y escuelas; la mayoría de ellas de precio elevado y cuyo monto total rebasaba el incremento presupuestal asignado cada año para todas las suscripciones de la UNAM y que además impedía un crecimiento equilibrado de la colección hemerográfica. En el mismo artículo citado anteriormente, la DGB establece que:

“... Con el propósito de *optimizar* los recursos, la DGB diseñó en 2003 el Programa de Racionalización de Recursos (PRR), para evaluar las colecciones de publicaciones periódicas de la UNAM y hacer una redistribución del presupuesto destinado a la compra principalmente de revistas técnicas y científicas mediante la cancelación de suscripciones repetidas innecesariamente en papel.

Las políticas a seguir fueron:

1. Cancelar suscripciones impresas repetidas, de alto costo, solamente de editoriales comerciales y que se encontraran también disponibles en formato electrónico y con acceso estable.

---

<sup>3</sup>Catálogo disponible en <http://www.dgb.unam.mx>

2. Designar bibliotecas depositarias para custodiar las suscripciones en papel y dar servicio de obtención de documentos con base en éstas.
3. Utilizar los recursos ahorrados al cancelar los duplicados para adquirir nuevos títulos de revistas impresas y/o electrónicas y para contender con el alza de precios en la renovación de suscripciones del año siguiente...”

Con la aplicación de estas políticas el número de suscripciones, tanto impresas como electrónicas, disminuyó y se obtuvieron para 2006 ahorros hasta por 17.3 millones de pesos con la depuración de la colección y, lo más importante, sin perder información. Además, el PRR motivó a las bibliotecas a evaluar individualmente sus colecciones y a decidir cuáles de sus títulos, duplicados con otras bibliotecas, podrían cancelar y qué bibliotecas funcionarían como depositarias de cada título.

Sin embargo, este proceso no resultó sencillo de implementar debido principalmente a la resistencia de las comunidades académicas a cancelar títulos, aún en formato impreso, argumentando la conveniencia del resguardo en papel de la información en su biblioteca.

Otra situación observada a partir de este programa, fue que la evaluación individual en cada biblioteca de los títulos en formato impreso no determina si el título debía permanecer o no en la biblioteca, sino que ante la propuesta de cancelar títulos, tenía que determinarse cuáles de estos se cancelarían primero, es decir, que para las bibliotecas resulta ahora importante comparar sus títulos entre sí para establecer entre ellos su prioridad. Para lograr este objetivo se consideran por ejemplo factores relativos a la comunidad como su frecuencia de uso y factores relativos a la revista misma como su prestigio internacional, entre otros que se detallarán más adelante.

## 2.2. Formulación del problema de decisión

Ante la tendencia constante de los proveedores y editores de revistas a incrementar el costo de las suscripciones, las fluctuaciones en la paridad peso/dólar y las políticas institucionales de optimización de recursos, la biblioteca de la Facultad de Ciencias debe evaluar periódicamente sus suscripciones a revistas impresas, buscando principalmente garantizar para su comunidad el acceso permanente a la información. Para esto es necesario identificar entre sus títulos con suscripción impresa:

- a) Títulos únicos. Son los títulos que suscribe en formato impreso, únicamente la biblioteca de la Facultad de Ciencias. En este caso la responsabilidad de mantener la suscripción es mayor, ya que el resguardo de la información no sólo beneficia a la comunidad de la facultad sino a toda la institución.
- b) Títulos duplicados en bibliotecas del campus universitario. Es importante que el resguardo de fascículos impresos se encuentre lo más cercano posible a la biblioteca de la Facultad, por esta razón no sería conveniente cancelar la suscripción de un título impreso aunque éste se encuentre duplicado, pero suscrito en alguna biblioteca de una entidad foránea.

Por lo tanto para que la biblioteca de la Facultad de Ciencias cancele alguna suscripción a un título impreso, se cuida que el título no sea único en la UNAM, que la suscripción o suscripciones impresas duplicadas se encuentren en entidades académicas (facultades o institutos) dentro de la Ciudad Universitaria y claramente que el título esté disponible en formato electrónico de manera estable.

Ante la necesidad de disminuir en la UNAM el número de suscripciones duplicadas a títulos impresos, resulta muy importante que la biblioteca identifique, ante las propuestas de cancelación de la DGB o de otras bibliotecas, los títulos para los que resultaría más sencillo tomar la decisión de cancelar. Es decir, que si la biblioteca puede establecer entre sus títulos un orden de prioridad, tendrá argumentos para evitar cancelaciones y por el contrario, podría facilitar, para los títulos que le resulten menos prioritarios, la decisión de cancelar las suscripciones.

Para tomar la mejor decisión ante una propuesta de cancelación resulta entonces útil para la biblioteca conocer la prioridad del título con respecto a los otros títulos suscritos de su misma área del conocimiento. O bien, en el caso de algún recorte presupuestal importante, resultaría útil a la biblioteca conocer sus títulos menos prioritarios con el fin de cancelarlos en primer lugar.

Es importante considerar las comparaciones de títulos sólo entre aquellos de la misma área del conocimiento, ya que esto evitará en todo caso, el debilitamiento de un área frente a otra.

Por lo expuesto anteriormente, el reto para la biblioteca es conocer el orden de prioridad de sus títulos por área del conocimiento, considerando que es posible que ocurran propuestas de cancelación.

### **2.3. Aspectos relevantes a evaluar**

El énfasis en los estudios de Investigación de Operaciones aplicados a las colecciones de publicaciones periódicas, se encuentra en el desarrollo objetivo, sistemático y racional de los procedimientos para la toma de decisiones. Básicamente, los creadores de estos estudios argumentan que el proceso de selección para la colección de publicaciones periódicas debe incluir un balance consistente y cuantificable de los costos de la biblioteca y de los beneficios de los usuarios de la misma. En otras palabras, los administradores de bibliotecas deben efectuar un análisis costo beneficio para cada título, así como evaluar un título que ya se encuentra en la colección o la consideración de nuevas adquisiciones.

Dado que una parte considerable del presupuesto se designa a la suscripción de un grupo relativamente estable de títulos en un período de varios años y porque las medidas de los costos de las publicaciones periódicas y los beneficios son tan multifacéticos y complejos, es especialmente importante que la selección de los títulos sea tan benéfica en relación al costo como sea posible. Los costos involucrados con las publicaciones periódicas suelen incluir el precio de suscripción anual y el procesamiento inicial, estos pueden variar de un título a otro.

Los beneficios reales o potenciales de los usuarios de una biblioteca para un determinado título son aún más complejos. Según Byrd[9] dichos beneficios deben ser considerados como una combinación de tres factores generales, cada uno de los cuales se puede medir de muchas maneras diferentes con distintos grados de éxito. Estos factores son:

1. La cantidad de *uso* que reciben los títulos por parte de los usuarios.
2. La *relevancia* de algunos títulos en particular, sujeta a los intereses de los usuarios.
3. La *accesibilidad* a la misma información en diferentes formatos o lugares.

Todos estos aspectos deben ser tomados en consideración en el proceso de evaluación, pero sin una forma objetiva de medir éstos, a menudo, el bibliotecario o el comité de selección deben recurrir a usuarios aislados u opiniones de expertos y tratar de alguna manera con medidas de uso, de relevancia y de accesibilidad aparentemente contradictorias. La tarea de registrar estos aspectos de forma sistemática durante la operación de la hemeroteca, parece imposible o excesivamente costosa en términos de personal, experiencia y tiempo necesario para completar un análisis; sin embargo es posible utilizar algunos principios básicos de manera efectiva en el proceso de evaluación de publicaciones periódicas.

Estos principios consisten simplemente en cuantificar y normalizar aspectos selectos de los costos y beneficios de cada título en la colección. Se debe seleccionar un número manejable de aspectos cuantificables que se consideren importantes de acuerdo con el valor relativo de los títulos de la colección. Los atributos se convertirán entonces en números ponderados (rango de valores) en una escala comparable de magnitudes, con el fin de dar a cada título en consideración un rango numérico.

En la siguiente sección se detallarán los criterios seleccionados para la evaluación de los títulos impresos de la biblioteca de la Facultad de Ciencias.

## 2.4. Estado de las publicaciones periódicas

De 2003, año en que inició el programa de racionalización de recursos de la DGB, a 2010, la colección de títulos con suscripciones impresas de la biblioteca de la Facultad de Ciencias se redujo de 360 a 299 suscripciones; sin embargo, el número de suscripciones de la UNAM a revistas electrónicas y su uso por la comunidad de la Facultad de Ciencias aumentaron de forma importante.

En 2010 la hemeroteca de la Facultad de Ciencias contaba con 699 títulos de revistas en formato impreso, actualmente sólo 299 de éstos se mantienen con suscripción vigente. Tales suscripciones corresponden a 149 títulos del área de Biología, 43 de Matemáticas, 33 de Computación, 30 de Física, 16 de Actuaría, 19 multidisciplinarias, así como publicaciones bidisciplinares, 4 de Biología y Física, 3 de Biología y Matemáticas, una de Biología y Computación y una de Física y Matemáticas. La Figura 3.1 muestra la gráfica de los títulos por áreas del conocimiento.

La relación de los títulos por áreas del conocimiento y sus características pueden consultarse en los Anexos , al final de este trabajo.

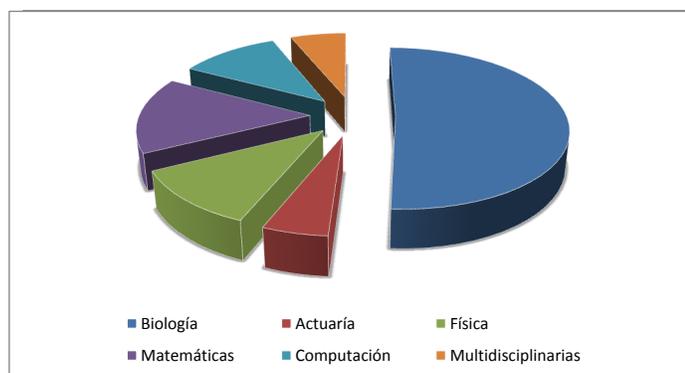


Figura 2.1: Títulos por áreas del conocimiento.

Para evaluar estos títulos de acuerdo a lo comentado en la sección anterior, se consideran calificaciones numéricas con respecto a un criterio de costo: precio de la suscripción anual, un criterio de uso: el número de consultas durante 2010, un criterio de relevancia: el factor de impacto 2009 y dos criterios de accesibilidad a la información: acceso a la información electrónica vigente y número de suscripciones en bibliotecas de la Ciudad Universitaria. A continuación se describirá cada uno de éstos criterios.

### **2.4.1. Criterio de costo**

De acuerdo a la información proporcionada por la DGB para 2010, el costo de la colección de títulos de revistas impresas para la biblioteca de la Facultad de Ciencias fue de alrededor de 6.3 millones de pesos.

Como el objetivo de este análisis está basado en la comparación entre los títulos de una misma área del conocimiento, se considera suficiente el precio de cada suscripción como elemento de comparación. No se incluyen los costos de operación, almacenamiento y mantenimiento de la colección, ya que en general no constituyen diferencias sustanciales entre los títulos.

Para hacer comparables los precios de cada suscripción, ya que sólo 5 de ellas se cotizaron en pesos mexicanos, se realizó la conversión a su equivalente para 290 de las suscripciones que se cotizaron en dólares americanos, 3 en euros y 1 en libras esterlinas.<sup>4</sup>

Bajo este criterio se considera preferible una suscripción menos costosa que una con precio más alto (criterio negativo).

La relación de los precios de las suscripciones se encuentra incluida en el Anexo 1 al final de este trabajo.

---

<sup>4</sup>Tipo de cambio al 15 de Febrero de 2010, fuente Banamex.

### 2.4.2. Criterio de uso

En la Facultad de Ciencias la forma de acceder a la información de las revistas en formato impreso, es decir, su uso se realiza a través del servicio de préstamo que ofrece la hemeroteca con la modalidad de estantería cerrada. Este servicio está constituido por la *consulta en sala* de los fascículos, con la posibilidad de reproducción en fotocopias. Para tener acceso a una revista en préstamo se debe acudir al área de hemeroteca en el horario de atención. Si ya se conoce la referencia de los artículos que se desean consultar, se solicita una papeleta de préstamo por cada fascículo que se requiera y deberá llenarse con los datos pertinentes.

De esta manera la consulta a cada título de la colección queda registrada. Posteriormente esta información es capturada en una hoja de cálculo, que permitirá realizar semestralmente reportes y análisis.

Durante 2010 el número de consultas a títulos con suscripción vigente en formato impreso fue registrado en dos semestres lectivos y se incorporó el total anual para cada título en la relación, por área del conocimiento, en el Anexo 1 al final del trabajo. Bajo este criterio se considera preferible un título con más consultas que otro con menos durante el año (criterio positivo).

### 2.4.3. Criterio de Relevancia

El *factor de impacto*[15] de una revista es el indicador bibliométrico del impacto de una revista científica que consiste en el cociente del número total de citas que han recibido sus artículos dividido por el número total de artículos publicados en dicha revista, con el objeto de equiparar el impacto de las revistas independientemente del número de artículos que publican, durante un determinado período de tiempo. Para su cálculo, el *ISI*<sup>5</sup> utiliza intervalos de tiempo de dos años.

Para consultar el factor de impacto de una revista científica, la herramienta fundamental es el *ISI Journal Citation Reports (JCR)*.<sup>6</sup>

---

<sup>5</sup>ISI, de las siglas en inglés de Institute for Scientific Information

<sup>6</sup>[http://thomsonreuters.com/products\\_services/science/scienceproducts/az/journalcitationreports](http://thomsonreuters.com/products_services/science/scienceproducts/az/journalcitationreports).

El JCR; tiene el objetivo evaluar de manera crítica las revistas más importantes del mundo. Por el momento es el único recurso de evaluación de revistas que brinda información estadística basada en los datos de citas. Al recopilar las referencias citadas (que suministran los propios autores de los artículos), el JCR permite medir la influencia y el impacto de las investigaciones realizadas (a nivel de revistas y categorías) y muestra las relaciones entre las revistas que citan y las que son citadas.

El JCR sirve de apoyo para:

- Investigadores: ayuda la decisión sobre presentación de manuscritos, y a identificar las publicaciones mas frecuentemente citadas,
- Bibliotecarios y profesionales de la información: ayuda con la adquisición y administración de colecciones de publicaciones periódicas,
- Editores: ayuda a evaluar sus decisiones editoriales en el tiempo y determinar la influencia de sus publicaciones en el mercado.

No todos los títulos en la colección de revistas de la Facultad de Ciencias están considerados en el índice del ISI, por lo que no todos cuentan con un número de factor de impacto. A éstos se les ha asignado el valor cero en esta calificación. Este criterio de comparación se define como positivo porque mientras mayor sea el factor de impacto de un título éste tendrá mayor relevancia por lo cual será mejor.

Los factores de impacto de los títulos en la colección de la Facultad de Ciencias están relacionados por área del conocimiento en el Anexo 1 y corresponden al valor calculado por el ISI para 2009, que es el valor vigente utilizado durante 2010.

#### 2.4.4. Criterios de accesibilidad a la información

El objetivo fundamental de una hemeroteca es proveer de la información necesaria a sus usuarios, por lo que debe garantizar que los títulos en su colección sean los más importantes para su comunidad. Si bien la optimización de recursos económicos obliga a evaluar su colección, le será preferible conservar un título al que no pueda acceder con facilidad ya sea de forma electrónica o en alguna biblioteca cercana con un perfil similar.

Para cuidar este aspecto en la evaluación de los títulos de la Facultad de Ciencias se establecen como criterios de accesibilidad:

1. El **acceso a la información electrónica actualizada**, es decir su disponibilidad a través de los servicios electrónicos contratados por la UNAM.

Para establecer una medida comparable entre los títulos se consultó el catálogo de Revistas Electrónicas de la UNAM ([www.dgb.unam.mx](http://www.dgb.unam.mx)) y se cuantificaron los accesos de acuerdo a sus períodos de cobertura, considerando la actualidad de ésta y las restricciones de temporalidad (embargos) establecidas por los editores. De esta forma la calificación se construyó asignando:

- Un punto completo por cada acceso a la fecha actual.
- 0.725 para un acceso con embargo de 6 meses.
- 0.5 para un acceso con embargo de un año.
- 0.25 para un acceso con embargo de más de un año.
- 0 Si no hay acceso a la versión electrónica o no existe.

Para calcular la calificación total de cada título sólo se suman los puntos completos en caso de existir más de un acceso hasta la fecha actual, y sólo se considera como parte de la calificación la más alta de las fracciones, con esto se obtiene una medida que describe el tipo de acceso tomando en cuenta las dos partes: entera y fraccionaria, permitiendo comparar los diferentes accesos entre los diferentes títulos.

Este criterio es negativo ya que es preferible mantener la suscripción impresa de un título con menor cobertura electrónica para garantizar el acceso a la información.

Las calificaciones de acceso al formato electrónico para cada título así como las plataformas que los ofrecen se encuentran detalladas en el Anexo 2 al final del trabajo.

2. La **duplicidad de suscripciones en formato impreso** en bibliotecas dentro de la Ciudad Universitaria.

La calificación asociada a este criterio de comparación está calculada como el número de suscripciones, en 2010, al título en formato impreso en bibliotecas dentro del campus universitario CU. Para obtener este número se contabilizó el número de bibliotecas en CU, que suscriben cada título, y que se presentan en los registros del catálogo electrónico SERIUNAM (<http://dgb.unam.mx>).

Es preferible mantener una suscripción impresa mientras menor sea el número de bibliotecas cercanas que lo suscriben. Aún más, si el título es único en CU, se evitará lo más posible su cancelación.

La relación de títulos y sus calificaciones para este criterio se encuentran detalladas en el Anexo 1 al final del trabajo.

## 2.5. Definición del problema

El problema a resolver es evaluar las suscripciones a revistas impresas en la Facultad de Ciencias para obtener como resultado un orden de prioridad (priorización) en cada uno de los seis conjuntos de títulos siguientes:

- Biología (157 títulos)
- Actuaría (16 títulos)
- Física (35 títulos)
- Matemáticas (47 títulos)
- Computación (34 títulos)
- Multidisciplinarias (19 títulos)

El conjunto de títulos de revistas Bidisciplinarias (9 títulos), fue incluido en cada una de sus respectivas áreas relacionadas .

Se consideran las características individuales de cada título representadas por sus calificaciones bajo cada uno de los criterios mostrados en las secciones anteriores y concentrados en el Anexo.

Para resolver este problema se aplicará un modelo de Teoría de Decisiones cuyos conceptos básicos se presentan en el capítulo siguiente.

# Capítulo 3

## Los métodos de sobreclasificación basados en modelos de preferencias

En este capítulo se define el concepto de modelo de decisión así como su naturaleza, posteriormente se describen los métodos ELECTRE y el tipo de problemática que resuelven. Se describen los modelos de preferencias basados en relaciones binarias, así como las propiedades fundamentales de las relaciones binarias de sobreclasificación. Se muestran los conceptos básicos para construir relaciones binarias de sobreclasificación; finalmente se describe el método ELECTRE II y se muestra un ejemplo de la aplicación de este método.

### 3.1. Modelos de decisión

Algunos problemas de decisión, que por su naturaleza o diseño admiten un número finito de alternativas de solución, pueden estructurarse mediante los siguientes conceptos básicos de la Teoría de Decisiones:

- Un conjunto de alternativas, generalmente finito.
- Una familia de criterios de evaluación, atributos o puntos de vista, que permiten evaluar cada una de las alternativas.

- Una matriz de calificaciones que resume las distintas evaluaciones de las alternativas por cada criterio. Esta matriz se encuentra organizada de tal manera que las alternativas están asociadas a los renglones y los criterios a las columnas. En cada entrada se encuentran representadas las notas o evaluaciones de las alternativas bajo cada uno de los criterios.
- Una metodología o modelo de agregación de preferencias es una síntesis global, por clasificación o jerarquía, que constituye el resultado final del análisis.
- Un proceso de decisión o contexto del análisis, en el cual se desarrolla la lucha de poder entre los principales grupos de interés (actores) que participan en el mismo. Entre estos grupos tres actores tienen un papel fundamental: el *analista* (experto), el *decisor*  $D$ , (persona o grupo responsable de la decisión) y el *público*. No siempre existe el *analista* como persona diferente a  $D$ , lo cual significa, que  $D$  desempeñaría ambas funciones.

### Naturaleza de un problema de decisión

Un problema de decisión es aquel en el que dado un conjunto de alternativas (soluciones factibles, decisiones posibles)  $D$  podría:

- Escoger una única alternativa considerada como “la mejor”.
- Seleccionar un subconjunto de alternativas consideradas como “buenas”.
- Ordenar las alternativas “desde la mejor a la peor”.

El conjunto de alternativas debe ser definido de manera enumerativa por medio de una lista o restricciones matemáticas; puede ser finito o infinito, fijo o evolutivo, es decir, que puede ser modificado durante el proceso de decisión.

Anteriormente al desarrollo de las teorías del análisis multicriterio, los problemas de decisión tomaban generalmente la forma de una función objetivo o función de utilidad. Este enfoque tiene la ventaja de basarse en modelos matemáticos bien definidos, pero éstos tienen un inconveniente: no siempre son representativos de la realidad; de hecho, la comparación entre

varias alternativas posibles es escasamente realizada y se hace conforme a un único punto de vista y por otro lado, las preferencias bajo cierta consideración son difíciles de modelar através de una función.

En problemas reales con frecuencia se debe considerar un conjunto de criterios (o un criterio con múltiples componentes) con diferente significado entre ellos, conocido o no, con métricas frecuentemente no comparables y la evaluación puede provenir de un conjunto de evaluadores distintos para cada criterio que asesoran al decisor  $D$ .

Para resolver un problema de decisión se distinguen cuatro etapas metodológicas fundamentales:

1. La definición de las alternativas que deben ser tomadas en consideración y la formulación del problema. Es decir, escoger una alternativa, seleccionar un subconjunto de ellas u ordenarlas.
2. La determinación de la opinión que debe examinarse y el modelado de las preferencias del decisor  $D$ .
3. La síntesis de la información existente en un modelo global que implique una agregación de las preferencias de los distintos puntos de vista.
4. La aplicación de un procedimiento matemático con el propósito de resolver el problema de decisión.

El modelo planteado para el apoyo en la toma de decisiones deberá ayudar a:

- Comprender las diferentes alternativas.
- Facilitar la reflexión sobre las preferencias preexistentes.
- Contribuir a un desarrollo más completo de la formación de predilecciones descubriendo posibilidades no consideradas.

A continuación se tratará la Teoría de Utilidades Multiatributo, la cual es muy usada en la resolución de problemas de decisión, posteriormente se hace una breve reseña histórica de la familia de los métodos ELECTRE y el

tipo de problemáticas a las cuales se refieren; finalmente se describirán los modelos de preferencias basados en relaciones binarias de sobreclasificación y sus propiedades.

### 3.1.1. Teoría de utilidades multiatributo

Una teoría muy usada para resolver problemas de decisión es la Teoría de Utilidades Multiatributo (TUM). Esta teoría está basada en la hipótesis de que en cualquier problema de decisión existe una función real  $U$  definida sobre el conjunto de alternativas  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ , la cual  $D$  desea maximizar. La función  $U$  agrega en uno solo los criterios  $g_1, g_2, \dots, g_n$  con los que se evalúan las alternativas. El problema reside en determinar  $U$ . Esta teoría plantea tres problemas:

- Determinar cuáles deben ser las propiedades de las preferencias del decisor  $D$  para que  $U$  sea una determinada función de  $g_1, g_2, \dots, g_n$ .
- Probar e identificar esas propiedades.
- Determinar cómo construir la función  $U$ .

La idea fundamental sobre la que se basa esta teoría reside en la independencia de preferencias. Esto es, si se define una familia de criterios  $\mathcal{F} = \{g_1, g_2, \dots, g_n\}$  y se toma un subconjunto  $K$  de éstos,  $K \subset \mathcal{F}$ ,  $K$  es preferencialmente independiente en  $\mathcal{F}$ , si las preferencias entre acciones que difieren son sólo diferentes para los criterios en  $K$  tal que no dependen de sus valores en los criterios  $\mathcal{F} - K$ . El subconjunto  $K$  es preferencialmente independiente en  $\mathcal{F}$  si la preferencia del decisor  $D$  para la alternativa  $a_1$  en relación con  $a_3$  implica lo mismo para la alternativa  $a_2$  en relación con  $a_4$ .

El teorema básico en esta teoría señala que si existen  $n$  funciones reales  $U_1, U_2, \dots, U_n$  tales que:

$$U = U_1(g_1) + U_2(g_2) + \dots + U_n(g_n)$$

Entonces,  $\forall K \subset F$ ,  $K$  es preferencialmente independiente en  $F$ .

Otro concepto fundamental en la TUM es la tasa de sustitución, que se refiere al hecho de que si existe una función  $U$  que permite agregar criterios  $g_1, g_2, \dots, g_n$ , entonces también debe existir una función  $w_{ij}$  que mide el monto

que  $D$  concede sobre el criterio  $j$  para obtener una unidad en el criterio  $i$ ; por lo tanto  $w_{ij}$  es la tasa de sustitución entre los criterios  $i$  y  $j$ . En la práctica es frecuente encontrar serias dificultades en medir los  $w_{ij}$ , especialmente si no existe una métrica común a todos los criterios por lo que puede establecerse entre el analista y el decisor  $D$  para su determinación.

Por los inconvenientes presentados por la TUM, para resolver el problema de las suscripciones impresas, se consideró como una mejor opción revisar la teoría asociada a los métodos basados en relaciones binarias de sobreclasificación. En particular, por la naturaleza del problema de decisión que se pretende resolver se eligió a la familia de los métodos ELECTRE[3] que modelan adecuadamente el problema del ordenamiento priorizado de alternativas.

### 3.1.2. La familia de los métodos ELECTRE

El origen de los métodos ELECTRE se remonta al año de 1965 en la compañía de consultoría europea SEMA, la cual sigue en activo hoy en día. En ese entonces un equipo de investigación de SEMA trabajaba en problemas multicriterio reales relacionados con la toma de decisiones enfocada al desarrollo de nuevas actividades en empresas.

Para resolver este tipo de problemas fue construido un método multicriterio general llamado MARSAN<sup>1</sup>. Los analistas utilizaron la técnica de sumas ponderadas la cual se incluye en el método MARSAN para la selección de las nuevas acciones al utilizar el método; los ingenieros de SEMA reconocieron graves inconvenientes en la aplicación de esa técnica.

Bernard Roy<sup>2</sup> fue entonces consultado y trató de encontrar un nuevo método que superará las limitaciones de MARSAN. El método ELECTRE, para determinar la mejor acción o alternativa dado un conjunto de éstas, fue concebido en 1965 y fue después renombrado como ELECTRE I. El acrónimo ELECTRE significa: *Elimination Et Choix Traduisant la Réalité (Elimina-*

---

<sup>1</sup>*Siglas del Francés Méthode d'Analyse, de Recherche, et de Sélection d'Activités Nouvelles*

<sup>2</sup>Bernard Roy (nacido en 1934), es profesor emérito de la Université Paris-Dauphine. Ha trabajado en la teoría de gráficas y el análisis de decisión multicriterio, fue el creador de la familia de los métodos ELECTRE.

*tion and Choice Expressing the Reality*).

En julio del mismo año el nuevo método multicriterio de sobreclasificación fue presentado por primera vez en la conferencia *Les journées d'études sur Les méthodes de calcul dans les sciences de l', homme* en Roma, Italia. Sin embargo, las ideas originales de los métodos ELECTRE fueron únicamente publicadas como un reporte de investigación en 1966. Poco después de su aparición, el ELECTRE I mostró éxito al ser aplicado sobre un vasto rango de campos, aunque el método no llegó a ser ampliamente conocido hasta 1968 cuando fue publicado en RIRO<sup>3</sup>.

Este artículo presenta una descripción completa del ELECTRE I y los fundamentos del enfoque de sobreclasificación. El método, desde entonces, ha evolucionado y ha dado lugar a una versión no oficial denominada ELECTRE Iv. Esta última versión toma en cuenta la noción de umbral de veto. Una versión más, conocida como ELECTRE IS, apareció más tarde y fue usada para modelar situaciones con datos imperfectos. Esta es la versión actual de los métodos ELECTRE para la problemática de elección.

A finales de los años sesenta, una situación diferente en la toma de decisiones del mundo real surgió en el campo de la planificación de medios, concerniente al desarrollo de planes publicitarios. Para tal propósito la pregunta era ¿cómo establecer un sistema adecuado de clasificación para los periódicos (revistas, diarios, etcétera). Esto llevó al nacimiento del ELECTRE II, un método que trata el problema de clasificar alternativas de la mejor opción a la peor. El ELECTRE II a diferencia del ELECTRE I utiliza una relación de sobreclasificación fuerte y una débil para obtener el ordenamiento de las alternativas.

---

<sup>3</sup>*la Revue d' Informatique et de Recherche Opérationnelle*

**Tipos de problemáticas.**

Todo problema de evaluación puede reducirse a una de las siguientes problemáticas de referencia:

- $P_\alpha$ : Seleccionar una o algunas alternativas de  $A$  donde la optimización o elección de la mejor opción aparece como un caso particular.
- $P_\beta$ : Clasificar las alternativas de  $A$  en categorías predefinidas, donde la aceptación-rechazo o clasificación dicotómica aparece como un caso particular.
- $P_\gamma$ : Ordenar todas las alternativas de  $A$  o algunas preseleccionadas como satisfactorias.

Problemática	Modelo para	Procedimiento que
$\alpha$	escoger	selecciona
$\beta$	clasificar	segmenta
$\gamma$	ordenar	ordena

El enfoque ELECTRE lleva a la obtención de ordenamientos de sobreclasificación de alternativas. Se han formulado varios algoritmos, los cuales pueden reducirse a cuatro métodos arquetípicos cuyas características se resumen en la Tabla 3.1, en la cual se muestra el método utilizado de acuerdo al tipo de problema, el tipo de criterio<sup>4</sup> y el tipo de ordenamiento obtenido de la aplicación del método respectivo.

Métodos Electre	Tipo de problema Original	Clase de criterio	Información adicional necesaria	Tipo de ordenamiento	Información final
I	$\alpha$	verdadero	- pesos de criterios -niveles críticos de concordancia y discordancia	Robusto	Kernel (si existe)
II	$\gamma$	verdadero	- pesos de criterios -nivel crítico de concordancia -conjunto de discordancia	Robusto	Ordenamiento parcial
III	$\gamma$	seudo	- pesos de criterios	Borroso	Ordenamiento parcial
IV	$\gamma$	seudo		Robusto fuerte y débil	Ordenamiento parcial

Tabla 3.1: Características entre los métodos ELECTRE [2]

---

<sup>4</sup>Los tipos de criterios se establecen en la sección 3.1

### 3.1.3. Modelos de preferencias mediante relaciones binarias

Con la finalidad de presentar el enfoque de las relaciones binarias de sobreclasificación y el tipo de problemas reales que pueden ser modelados con ellas, es necesario introducir ciertos conceptos básicos:

- a. Se considera un conjunto de acciones potenciales o alternativas<sup>5</sup>  
 $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ .
- b. Se define una familia coherente  $\mathcal{F}$  de  $n$  criterios,  $\mathcal{F} = \{g_1, g_2, \dots, g_n\}$ . Estos reflejan los diferentes puntos de vista que conforman, argumentan y transforman adecuadamente las preferencias de los actores involucrados en el proceso de decisión, de esta forma  $g_j(a_k)$  es la evaluación de la alternativa  $a_k$  bajo el  $j$ -ésimo criterio. Por lo tanto:
  - $g_j(a_k)$  es un número real, aún si refleja una evaluación cualitativa.
  - $\forall a_k \in A$  y  $a_l \in A$  se tiene que  $g_j(a_k) \geq g_j(a_l) \Rightarrow a_k$  es al menos tan buena como  $a_l$  si se considera únicamente el punto de vista reflejado por el  $j$ -ésimo criterio.
- c. Dado un criterio determinado, por ejemplo el  $j$ -ésimo, la imprecisión o la incertidumbre, así como la determinación incorrecta de las evaluaciones puede llevar a algunos actores a juzgar lo siguiente:
  - $a_k$  es indiferente a  $a_l$  cuando  $g_j(a_k) = g_j(a_l) \forall j \neq h$  aún si  $g_h(a_k) \neq g_h(a_l)$ ; en otras palabras, si al decisor  $D$  le son indiferentes  $a_k$  y  $a_l$  entonces  $D$  acepta indistintamente  $a_k$  o  $a_l$ .
  - $a_k$  es estrictamente preferida que  $a_l$  cuando  $g_j(a_k) = g_j(a_l)$ ,  $\forall j \neq h$ , sólo si la diferencia  $g_h(a_k) - g_h(a_l)$  es suficientemente significativa.
- d. Ahora, si se consideran simultáneamente todos los criterios en la comparación de  $a_k$  y  $a_l$ , con base en  $g(a_k)$  y  $g(a_l)$ , los actores involucrados en el proceso de decisión pueden no coincidir exactamente en el mismo juicio. Por lo que en el modelo global de

---

<sup>5</sup>Un conjunto de alternativas es un conjunto de elementos sobre los cuales se desarrolla la elección de  $D$ , un conjunto de alternativas pueden ser productos a comercializar, objetos a comprar, programas de inversiones, etcétera.

preferencias, se referirá en particular al actor  $D$  como el *decisor*. Éste puede ser visto como una persona real o un grupo de ellas, las cuales intervendrán en el proceso de decisión y cuyas preferencias se pueden utilizar para definir el problema de la toma de decisiones. El modelo global de preferencias en cuestión, por lo tanto, pretende ser una descripción exacta de las preferencias fijadas en la mente de  $D$ . Este es sólo un sistema de preferencias con las que es posible trabajar con el fin de presentar elementos de respuesta a determinadas preguntas.

### 3.1.4. Modelación de preferencias mediante relaciones binarias (*Jaquet – Lagrèze, 1983*)

Este modelo de preferencias mediante relaciones binarias establece que al considerar un conjunto  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$  de alternativas, puede definirse entre cada par de ellas una relación de preferencia. Dicha relación puede modelarse con una o varias relaciones binarias definidas sobre  $A \times A$ , [2]:

1. La modelación con una única relación binaria constituye un esquema “robusto” si se define  $a_k R a_l$  como “ $a_k$  es al menos tan buena como  $a_l$ ” y pueden plantearse tres situaciones fundamentales:
  - **Preferencia:**  $a_k P a_l \Leftrightarrow a_k R a_l$  y  $a_l \not R a_k$ , es decir, que “ $a_k$  se prefiere a  $a_l$ ”.
  - **Indiferencia:**  $a_k I a_l \Leftrightarrow a_k R a_l$  y  $a_l R a_k$ ; es decir, que “ $a_k$  y  $a_l$  son indiferentes”.
  - **Incomparabilidad:**  $a_k N a_l \Leftrightarrow a_k \not R a_l$  y  $a_l \not R a_k$ ; es decir que “ $a_k$  y  $a_l$  no son comparables”.
2. Existe otro caso en el cual el modelo hace uso de varias relaciones binarias constituyendo un esquema “borroso” si se definen dos relaciones de preferencia: una estricta y una débil. Se pueden modelar entonces cuatro situaciones preferencia estricta o fuerte, preferencia débil, indiferencia e incomparabilidad. Este tipo de modelo permite *ambigüedades* en las preferencias del decisor, lo que acerca el modelo a la realidad.

El modelo de preferencias basado en relaciones binarias permite definir el concepto de sobreclasificación en dos niveles de acuerdo al tipo de criterio

considerado.

Estos se describen a continuación.

1. Nivel de preferencias asociado al criterio  $g_j$

Se dice que, para cada criterio  $g_j$ , es posible asociar una **relación de sobreclasificación**  $S_j$ . La cual es una relación binaria:  $a_k S_j a_l$  si los valores de las evaluaciones  $g_j(a_k)$  y  $g_j(a_l)$  tienen argumentos lo suficientemente fuertes para considerar la siguiente afirmación como verdadera en el modelo de preferencias de  $D$ :

“ $a_k$ , es al menos tan buena como  $a_l$ ”, sólo con respecto al  $j$ -ésimo criterio.

Se debe observar que la afirmación “al menos tan buena como” es equivalente a la afirmación “no es peor que”.

Para  $a_k, a_l \in A$  se asocia un **umbral de indiferencia**  $q_j$  asociado a  $g_j$ , donde  $q_j$  es un número real positivo tal que:

- $a_k I_j a_l$  si  $g_j(a_k) - g_j(a_l) \leq q_j$ ;
- $a_k S_j a_l$  si  $g_j(a_k) \geq g_j(a_l) - q_j$ .

2. Nivel global de preferencias

Tomando en cuenta una familia completa de criterios, es posible definir una relación de sobreclasificación global  $S$ . Por definición, si  $S$  es una relación binaria entonces  $a_k S a_l$  se cumple si los valores de las evaluaciones  $g(a_k)$  y  $g(a_l)$  dan un argumento suficientemente fuerte como para considerar la siguiente afirmación como verdadera en el modelo de preferencias de  $D$ :

“ $a_k$ , es al menos tan buena como  $a_l$  con respecto a los  $n$  criterios.”

Para ilustrar este concepto, considerése el ejemplo numérico definido en la siguiente tabla:

$A \backslash F$	$g_1$	$g_2$	$g_3$	$g_4$	$g_5$
$a_1$	60	60	60	60	60
$a_2$	65	56	58	64	65
$a_3$	100	100	100	55	52
$a_4$	100	100	100	20	20

Si se toma en cuenta que  $\forall g_j \in \mathcal{F}$  dado el umbral de indiferencia  $q_j = 5$  y  $0 \leq g_j(a_1) \leq 100$ , resultan ciertas las afirmaciones  $a_2 S a_1$  y  $a_3 S a_4$ . Salvo casos muy particulares, en los cuales el último criterio podría tener una enorme importancia, la afirmación  $a_3 S a_1$  se mantiene. Pero en ausencia de una regla de agregación e información adicional, ninguna de las siguientes afirmaciones podrían ser aceptadas:  $a_3 S a_2$ ,  $a_2 S a_3$  y  $a_2 S a_4$ .

Este ejemplo muestra que, para definir una relación de sobreclasificación exhaustiva  $S$  en  $A$ , es necesario formular un conjunto apropiado de condiciones, que al satisfacerse, puedan verse como un argumento lo suficientemente fuerte para justificar la afirmación  $a_k S a_l$ .

### Propiedades fundamentales de las relaciones binarias de sobreclasificación

Considerando las  $n$  relaciones de sobreclasificación  $S_j$ , asociadas a los criterios de  $\mathcal{F}$ , la relación de sobreclasificación global  $S$  satisface las siguientes propiedades:

a.  $S$  es reflexiva ( $a S a \forall a \in A$ ) y para  $a_k \neq a_l$ , se tienen cuatro casos posibles en la comparación de dos alternativas  $a_k$  y  $a_l$  :<sup>6</sup>

- $a_k$  es mejor o presumiblemente mejor que  $a_l$



- $a_l$  es mejor o presumiblemente mejor que  $a_k$



- $a_k$  es indiferente a  $a_l$



- $a_k$  es incomparable a  $a_l$



<sup>6</sup>Convención gráfica :  $a_k \bullet \longrightarrow \bullet a_l \Leftrightarrow a_k S a_l$

Debe resaltarse también que:

- Si  $a_k S a_l$  y  $a_l \not S a_k$ , entonces  $a_k$  es estrictamente preferida a  $a_l$ .
- $S$  no es necesariamente una relación binaria transitiva.

**b.** Sea  $\Delta_{\mathcal{F}}$  la relación de dominancia definida por:

$$a_k \Delta_{\mathcal{F}} a_l \Leftrightarrow g_j(a_k) \geq g_j(a_l) \forall g_j \in \mathcal{F}$$

entonces se verifica, bajo  $S$ , que las alternativas  $a_k, a_l, a_m$  y  $a_n$  cumplen que:

$$a_k S a_l \quad \text{y} \quad a_l \Delta_{\mathcal{F}} a_m \Rightarrow a_k S a_m$$

y además si

$$a_n \Delta_{\mathcal{F}} a_k \quad \text{y} \quad a_k S a_l \Rightarrow a_n S a_l$$

en consecuencia se tiene que:

$$a_l \Delta_{\mathcal{F}} a_m \Rightarrow a_l S a_m$$

**c.** Finalmente: si  $g_j(a_k) = g_j(a_l) \forall j \neq m$  entonces  $a_k S a_l \Leftrightarrow a_k S_m a_l$   
Esta condición puede verse de la siguiente manera:

$$\text{si } a_k I_j a_l \forall j \neq m, \text{ entonces } a_k S a_l \Leftrightarrow a_k S_m a_l$$

De la combinación de las propiedades **b** y **c** se deduce lo siguiente:

$$a_k S_j a_l \forall j \in F \Rightarrow a_k S a_l$$

## 3.2. Conceptos básicos para construir relaciones de sobreclasificación

En la siguiente sección se describen los conceptos de concordancia y discordancia, para después definir los índices de concordancia y discordancia, posteriormente se describen los pasos del algoritmo ELECTRE II, finalmente se muestra un ejemplo de la aplicación del algoritmo.

### 3.2.1. Consideraciones generales

La expresión formal, y aún la naturaleza de las condiciones que deben ser satisfechas para validar la afirmación  $a_k S a_l$ , puede ser influida por muchos factores. Los más importantes son:

- El grado de semejanza de los criterios establecidos en  $\mathcal{F}$ ;
- la naturaleza de los conceptos básicos usados: concordancia, discordancia, intensidad de preferencia, etcétera;
- la calidad de la información inter-criterio requerida y que debe proporcionar  $D$ ;
- la fuerza de los argumentos requeridos: el argumento más fuerte que pueda imaginarse para validar  $a_k S a_l$ .

#### Definición 3.1 Tipos de criterios.

Sea  $g_j \in \mathcal{F}$ . Sean  $p_j$  y  $q_j$  los umbrales de preferencia e indiferencia respectivamente, entonces:

- A  $g_j$  se le denomina **pseudocriterio** cuando se utiliza el modelo de dos umbrales,
- A  $g_j$  se le denomina **cuasicriterio** cuando  $p_j = 0$  y satisface el modelo de un umbral.
- A  $g_j$  se le denomina **criterio verdadero** cuando  $p_j = q_j = 0$ .

Una vez que el decisor  $D$  ha seleccionado el modelo matemático que se asemeja a sus preferencias, el siguiente paso es incorporar en dicho modelo la información adicional acerca de la manera en que interactúan los criterios

en el contexto del problema multicriterio. Esta información inter-criterio se refiere a dos aspectos importantes: los umbrales y los pesos.

En un problema multicriterio es común observar que algunos puntos de vista tengan para  $D$  mayor importancia que otros por diversas circunstancias; se debe tomar en cuenta que esta noción de importancia no tiene un significado absoluto puesto que depende de él y, sólo desde su perspectiva, un criterio puede ser considerado más o menos relevante con respecto a los demás. La forma de expresar esta importancia en términos cuantificables es a través de una ponderación.

**Definición 3.2 Peso o coeficiente de importancia asociado a un criterio**

Se denomina **peso** a la medida de importancia relativa asociada por  $D$  a un criterio determinado. Se denotará por  $w_j$  ( $w_j \geq 0$ ) al peso asignado al criterio  $g_j$ ; también se denotará como  $W = [w_1, w_2, \dots, w_j, \dots, w_n]$  al vector de pesos cuando se haga referencia al conjunto de estos.

**Definición 3.3 Criterios Concordantes.**

El  $j$ -ésimo criterio está en concordancia con la afirmación  $a_k S a_l \Leftrightarrow a_k S_j a_l$ . De acuerdo con la definición de  $S_j$  y a la introducción de un umbral de indiferencia  $q_j$ , el  $j$ -ésimo criterio está en concordancia con la afirmación  $a_k S a_l$  si:

$$g_j(a_k) \geq g_j(a_l) - q_j$$

El subconjunto de todos los criterios de  $\mathcal{F}$  que están en concordancia con la afirmación  $a_k S a_l$  es llamado **coalición de concordancia** y se denota por  $C(a_k S a_l)$ .

### Definición 3.4 Criterios Discordantes

Un subconjunto de criterios está en discordancia<sup>7</sup> con la afirmación  $a_k S a_l \Leftrightarrow a_l P_j a_k$ . De acuerdo al modelo de pseudo-criterio:

$$a_l P_j a_k \text{ si } g_j(a_l) > g_j(a_k) + p_j.$$

Esto significa que la preferencia estricta restringida al  $j$ -ésimo criterio de  $a_l$  sobre  $a_k$  está significativamente establecida sólo cuando la diferencia  $g_j(a_l) - g_j(a_k)$  es lo suficientemente grande teniendo en cuenta la imprecisión, la incertidumbre y la determinación incorrecta de las actuaciones.

El subconjunto de todos los criterios de  $\mathcal{F}$  que están en discordancia con la afirmación  $a_k S a_l$  es llamado coalición de discordancia. Es denotado por  $C(a_l P a_k)$  por lo que puede verse como la **coalición** de concordancia para la afirmación  $a_l P a_k$ .

### Algunos Resultados

De las definiciones anteriores, se tiene:

$$C(a_k P a_l) \cap C(a_l P a_k) = \emptyset \text{ y } C(a_k P a_l) \cup C(a_l P a_k) \subset \mathcal{F}.$$

Se debe subrayar que puede ocurrir:

$$C(a_k P a_l) \cup C(a_l P a_k) \neq \mathcal{F}.$$

Esta desigualdad se conserva si y sólo si existe al menos un criterio que no sea concordante ni discordante con la afirmación  $a_k S a_l$ .

Este caso se presenta si y sólo si:

$$g_j(a_l) - p_j \leq g_j(a_k) < g_j(a_l) - q_j \quad (p_j > q_j)$$

---

<sup>7</sup> $a_l$  se prefiere a  $a_k$ , sección 3.1.4

**Definición 3.5** El subconjunto de  $\mathcal{F}$  definido por los criterios que satisfacen esta última condición se denotan por  $C(a_l Q a_k)$ . De este modo se tiene que:

$$g_j \in C(a_l Q a_k) \Leftrightarrow a_l Q_j a_k.$$

La relación binaria  $Q_j$  modela la *preferencia débil* restringida al  $j$ -ésimo criterio. En la práctica, el conjunto  $C(a_l Q a_k)$  es vacío para un gran número de pares ordenados de acciones potenciales.

En conclusión, para cada par ordenado  $(a_k, a_l)$  es posible asociar, una partición de  $\mathcal{F}$  en tres subconjuntos:

$$C(a_k S a_l), C(a_l Q a_k), C(a_l P a_k).$$

Con base en esta partición se determina si la afirmación  $a_k S a_l$  es (o no) válida en los métodos ELECTRE. Resulta importante resaltar que la partición anterior es robusta; es decir que la partición permanece invariante cuando cualquier criterio  $g_j$  se reemplaza por:  $g'_j = \Omega(g_j)$  siendo  $\Omega$  una función monotonamente creciente. Esto supone que los umbrales iniciales  $q_j$  y  $p_j$  pueden ser reemplazados por nuevos umbrales (no necesariamente constantes) teniendo el mismo significado, pero tomando en cuenta el hecho que la  $j$ -ésima acción ha sido modificada.

### 3.2.2. Índices de concordancia y discordancia

Para validar una relación de sobreclasificación  $S$  completa, es necesario tomar en cuenta el hecho de que el rol en que está envuelto cada criterio no es necesariamente el mismo. Dicho de otra forma, se tiene que caracterizar en general, la importancia dada a cada criterio de  $\mathcal{F}$ , ya sea ésta mayor o menor. Cuando el procedimiento de agregación lleva a una suma ponderada de dicha importancia, ésta se representa mediante las tasas de sustitución constante (también llamados pesos) asignadas a cada criterio.

Los coeficientes (ventajas y desventajas) definidos no son intrínsecos; es decir, no dependen sólo de la importancia del criterio  $g_j$  a los que se refieren, sino también dependen de la manera en que  $g_j$  está definido, si  $g_j$  es reemplazado por  $\Omega(g_j)$ , entonces cada peso tiene que ser modificado.

En los métodos ELECTRE la importancia del  $j$ -ésimo criterio es tomada en cuenta a partir de las características siguientes:

- Su coeficiente de importancia  $k_j$ ,  $k_j \geq 0$ , sólo interviene en el concepto de grado de concordancia.
- Su umbral de veto  $v_j$ ,  $v_j \leq p_j$ , sólo interviene en el concepto de grado de discordancia del criterio  $g_j$ .

### Modelos básicos

- Sea  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$  un conjunto finito de alternativas, evaluadas sobre una familia consistente de criterios verdaderos  $F = \{g_1, g_2, \dots, g_n\}$ .
- Cada criterio  $g_j$  se considera un único punto de aplicación desde el conjunto  $A$  al de la escala del criterio,  $E_j$ :

$$g_j : a \in A \rightarrow e = g_j(a) \in E_j$$

- Entonces  $g_j(a_k)$  es la evaluación según el criterio  $j$  de la alternativa  $a_k$  y la evaluación multicriterio de  $A$  puede expresarse por el vector

$$g(a) = |g_1(a), \dots, g_n(a)| \in E = E_1 \times \dots \times E_n$$

- Satisfacer la prueba de concordancia corresponde a aceptar la regla de la mayoría como más rica que la regla de la unanimidad y la de no discordancia, como de que no existe ningún veto.

**Definición 3.6 El índice de concordancia.**

El índice  $c(a_k, a_l)$  caracteriza la fuerza de los argumentos positivos para validar la afirmación  $a_k S a_l$ . Los más fuertes entre ellos provienen de los criterios de  $c(a_k S a_l)$  dado que todos están a favor de la afirmación considerada. Ellos contribuyen con una parte de  $c(a_k, a_l)$ , sea ésta  $c_1(a_k, a_l)$ . Algunos argumentos positivos más débiles provienen de los criterios de  $c(a_k Q a_l)$  dado que reflejan la duda entre las dos posibilidades siguientes:  $a_k I_j a_l$  la cual está a favor de  $a_k S a_l$  y  $a_l P_j a_k$  la cual no está a favor de  $a_k S a_l$ . Estos contribuyen con la segunda parte de  $c(a_k, a_l)$ , sea  $c_2(a_k, a_l)$ . En consecuencia:

$$c(a_k, a_l) = c_1(a_k, a_l) + c_2(a_k, a_l)$$

donde:

$$c_1(a_k, a_l) = \frac{1}{w} \sum_{j \in C(a_k S a_l)} w_j \text{ con } w = \sum_{j \in \mathcal{F}} w_j$$

$$c_2(a_k, a_l) = \frac{1}{w} \sum_{j \in C(a_k Q a_l)} \varphi_j \cdot w_j \text{ con } \varphi_j = \frac{p_j + g_j(a_k) - g_j(a_l)}{p_j - q_j}$$

El ratio  $w_j/w$  refleja, por definición, la fuerza relativa (en  $\mathcal{F}$ ) asignada a cada  $g_j$  cuando este criterio es concordante con  $a_k S a_l$ . En otras palabras,  $w_j$  puede ser interpretado como el número de representantes que apoyan el punto de vista sintetizado por el  $j$ -ésimo criterio en un procedimiento de votación.

Si  $g_j \in C(a_k S a_l)$  la fuerza completa de  $k_j$  (o todos los representantes  $k_j$ ) contribuyen a  $C(a_k, a_l)$ . En caso contrario, esta contribución es nula si  $g_j \in C(a_k P a_l)$ . Si  $g_j \in C(a_k Q a_l)$  es sólo una fracción  $\varphi_j$  de  $k_j$  la que contribuye con  $C(a_k, a_l)$ .

Esta fracción  $\varphi_j$  debe evidentemente incrementarse de 0 a 1 cuando  $g_j(a_k)$  se incrementa de  $g_j(a_l) - p_j$  a  $g_j(a_l) - q_j$ . Dicho de otra manera, la mayor duda ocurre a favor de  $a_k I_j a_l$  cuando el mayor número de los  $\varphi_j \cdot w_j$  votantes que defienden la afirmación  $a_k S a_l$  se incrementa. Puede parecer arbitrario modelar este crecimiento con una fórmula lineal, aunque cualquier otra

fórmula pudiera no ofrecer la misma simplicidad.

Una vez que se ha calculado  $c(a_k, a_l)$ ,  $\forall a_k, a_l \in A$ , el resultado se puede resumir en una matriz denominada de concordancia.

**Definición 3.7 Matriz de Concordancia.** La matriz de concordancia se define como  $C_{m \times m} = (c_{kl})$  donde la entrada  $k, l$  es el índice de concordancia,  $k, l = 1 \dots, m; k \neq l$ .

**Proposición 3.1** Dadas las alternativas  $a_k, a_l \in A$ , el índice de concordancia  $c(a_k, a_l)$  cumple lo siguiente:

- a.  $0 \leq c(a_k, a_l) \leq 1$ ;
- b.  $c(a_k, a_l) = 0$  si  $C(a_l P a_k) = \mathcal{F}$ ;
- c.  $c(a_k, a_l) = 1$  si  $C(a_k S a_l) = \mathcal{F}$ .

**Demostración.**

- a. A partir de la Definición 2.6  $c(a_k, a_l)$  se puede expresar de la forma:

$$c(a_k, a_l) = \frac{1}{w} \left[ \sum_{j \in J^+} w_j + \sum_{j \in J^d} \varphi_j w_j \right] \quad (3.1)$$

Dado que los conjuntos  $C(a_k S a_l)$ ,  $C(a_l Q a_k)$  y  $C(a_l P a_k)$  forman una partición de la familia  $\mathcal{F}$ , y análogamente los conjuntos de índices asociados  $J^+$ ,  $J^d$  y  $J^-$  en relación a  $J$ , se puede deducir que:

$$\begin{aligned} \sum_{j \in J^+} w_j + \sum_{j \in J^d} w_j + \sum_{j \in J^-} w_j &= \sum_{j \in J} w_j \\ \Rightarrow \sum_{j \in J^+} w_j + \sum_{j \in J^d} w_j &\leq \sum_{j \in J} w_j \end{aligned} \quad (3.2)$$

Ahora como la fracción  $\varphi_j$  sólo toma valores en el intervalo  $[0, 1]$  se tiene:

$$\varphi_j \leq 1 \Rightarrow \varphi_j w_j \leq w_j \text{ pues } w_j \geq 0$$

$$\sum_{j \in J^d} \varphi_j w_j \leq \sum_{j \in J^d} w_j \quad (3.3)$$

De las ecuaciones (3.2) y (3.3) se deduce que:

$$\sum_{j \in J^+} w_j + \sum_{j \in J^d} \varphi_j w_j \leq w.$$

Al dividir la expresión anterior entre  $w$  se obtiene la medida normalizada que se muestra en (3.1), por lo cual se concluye que  $c(a_k, a_l) \leq 1$ . Por último, como  $w_j \geq 0 \forall g_j \in J$  es claro que  $c(a_k, a_l) \geq 0$ .

**b.** Supóngase que  $C(a_k S a_l) = \mathcal{F}$ . Esto implica que:

$$C(a_l P a_k) = C(a_l Q a_k) = \emptyset.$$

Ahora, si se consideran sus respectivos conjuntos de subíndices como  $J^+ = J$  entonces  $J^- = J^d = \emptyset$ . De esta forma:

■ Como  $J^d = \emptyset$ , entonces  $c_2(a_k, a_l) = 0$ .

■ Como  $J^+ = J$ , entonces:

$$c_1(a_k, a_l) = \frac{1}{w} \sum_{j \in J^+} w_j = \frac{1}{w} \sum_{j \in J} w_j = 1.$$

Por lo tanto,  $c(a_k, a_l) = c_1(a_k, a_l) + c_2(a_k, a_l) = 1$ .

**c.** Supóngase que  $C(a_l P a_k) = \mathcal{F}$ .

Si  $C(a_k S a_l) = C(a_l Q a_k) = \emptyset \Rightarrow J^+ = J^d = \emptyset$ . De lo anterior, se tiene que  $c_1(a_k, a_l) = c_2(a_k, a_l) = 0$ . Entonces  $c(a_k, a_l) = 0$ .

En conclusión para que entre dos alternativas  $a_k$  y  $a_l$  se pueda establecer la relación de sobreclasificación  $S$ , el decisor  $D$  debe establecer un nivel mínimo de aceptación  $u^* \in [0, 1]$ , conocido como parámetro crítico de concordancia, tal que si  $c(a_k, a_l) \geq u^*$  entonces se dice que las alternativas  $a_k$  y  $a_l$  satisfacen la condición de concordancia.

### Condición de no discordancia

La condición de no discordancia permite verificar que la influencia de los criterios discordantes no sea tan relevante, como para rechazar la afirmación  $a_k S a_l$ . Satisfacer esta condición corresponde a asegurar que no existe razón alguna (que sea trascendente) para impedir que la relación de sobreclasificación se establezca entre  $a_k$  y  $a_l$ .

Es claro que, un criterio discordante  $g_j \in C(a_l P a_k)$  está en contra de la afirmación  $a_k S a_l$ , pero si las razones que hacen que  $a_l P_j a_k$  no son tan relevantes se puede aceptar la relación  $a_k S a_l$ . Para establecer el nivel de rechazo o aceptación de esta afirmación se define un umbral de veto  $v_j$  ( $j \in J^-$ ) de tal manera que:

Si  $g_j(a_l) - g_j(a_k) > v_j$ , entonces  $g_j$  es incompatible con la afirmación  $a_k S a_l$  cualesquiera que sean los valores de las otras evaluaciones.

Esta situación de veto se introduce para considerar que la desviación resultante de la comparación entre dos alternativas  $a_k$  y  $a_l$  según el  $j$ -ésimo criterio discordante  $g_j(a_l) - g_j(a_k)$  tenga un nivel máximo tolerado. En otras palabras, si existe al menos un criterio discordante,  $C(a_l P a_k) \neq \emptyset$ , la alternativa  $a_k$  se encuentra en desventaja con respecto a la alternativa  $a_l$ ; pero si esta desventaja no es tan grande, significa que no rebasa la máxima desventaja aceptada  $v_j$ , entonces se puede aceptar que  $a_k S a_l$ .

Para validar lo anterior se define un índice de discordancia  $d(a_k, a_l) = d_{kl}$  dependiendo del umbral de veto que se considere.

**Definición 3.8 Índice de discordancia**

Cuando se considera un esquema robusto para el modelo de preferencias de  $D$  y se establece un mismo límite de tolerancia  $v^*$ , veto uniforme para todos los criterios discordantes, se define el índice de discordancia  $d_{kl}$  de la siguiente manera:

$$d_{kl} = \frac{\max_{g_j \in J^-} \{g_j(a_l) - g_j(a_k)\}}{\max_{g_j \in J} \{g_j^s\}},$$

donde  $g_j^s = \max\{g_j(a_k)\}$  es el valor máximo que se obtiene de las evaluaciones de todas las alternativas según el  $j$ -ésimo criterio.

Para que la condición de no discordancia se satisfaga, es decir, que la influencia de los criterios discordantes no sea tan relevante como para rechazar  $a_k S a_l$ , se tiene que cumplir que  $d_{kl} \leq v^*$ , con  $0 \leq v^* \leq u^* \leq 1$ , donde  $v^*$  es el parámetro crítico de discordancia (o nivel de discordancia máximo tolerado) fijado por el decisor  $D$ .

**Proposición 3.2** Dadas las alternativas  $a_k$  y  $a_l \in A$ , el índice de discordancia  $d_{kl}$  cumple lo siguiente:

- a.  $0 \leq d_{kl} \leq 1$ ;
- b.  $d_{kl} = 0$  si  $C(a_l P a_k) = \emptyset$

**Demostración.**

**caso a.** De la Definición 3.8 se puede verificar que en el numerador se calculan las diferencias (desventajas) entre las evaluaciones de las alternativas  $a_k$  y  $a_l$  respecto a todos los criterios discordantes y se considera sólo la más significativa, es decir, la máxima diferencia. Sea  $g_h$  el  $h$ -ésimo criterio discordante que cumple esta condición:

$$g_h(a_l) - g_h(a_k) = \max_{g_j \in J^-} \{g_j(a_l) - g_j(a_k)\}.$$

Una vez que se calcula el valor máximo de las evaluaciones para cada criterio ( $g_j^s, j = 1, \dots, n$ ), en el denominador se obtiene el máximo de estos valores, supóngase  $g_{h^*}^s$  lo que permite garantizar que:

$$g_h(a_l) - g_h(a_k) \leq g_{h^*}^s$$

de donde al dividir entre  $g_{h^*}^s$ , se concluye que  $d_{kl} \leq 1$ .

Ahora como  $g_j \in C(a_l P a_k)$  y  $g_j(a_l) > g_j(a_k)$  se tiene como consecuencia  $g_j(a_l) - g_j(a_k) > 0 \forall g_j \in J^-$ , así como  $g_j^s$  es resultado de un valor absoluto, se tiene que  $g_j^s > 0$  para todos los criterios pues no es posible que  $g_j^s = 0$  para alguna  $j$  ya que un criterio que toma valores nulos en la matriz de calificaciones resulta irrelevante para el análisis. Así, al realizar el cociente se obtiene un valor no negativo, por lo que  $0 \leq d_{kl} \leq 1$ .

**caso b.** Si  $C(a_l P a_k) = \emptyset$  entonces el numerador en la Definición 3.6 es cero ya que  $J^- = \emptyset$  y por lo tanto  $d_{kl} = 0$ .

Análogamente, para el cálculo del índice de concordancia, si se calcula el índice de discordancia  $d_{kl} \forall a_k, a_l \in A (k \neq l)$  los resultados pueden resumirse en una matriz de discordancia.

**Definición 3.9 Matriz de Discordancia.**

La matriz de discordancia se define como:  $D_{m \times m} = (d_{kl})$  donde la entrada  $k, l$  es el índice de discordancia ( $k = 1, \dots, m; k \neq l$ ).

De acuerdo con el enfoque ELECTRE, si al comparar dos alternativas  $a_k$  y  $a_l$  se satisfacen tanto la condición de concordancia como la de no-discordancia entonces se puede decir que  $a_k$  sobreclasifica a  $a_l$ :  $a_k S a_l$ .

Por lo tanto la condición de concordancia se refiere a encontrar argumentos lo suficientemente fuertes para afirmar que “ $a_k$  es al menos tan buena como  $a_l$ ” y la condición de no discordancia se refiere a comprobar que no existe una razón importante para rechazar esta afirmación.

Ambas condiciones representan la forma en que los métodos ELECTRE funcionan para construir la relación de sobreclasificación  $S$ , aunque la explotación de ésta en cada versión del algoritmo se realiza de forma diferente.

### **Características del empleo de relaciones binarias de sobreclasificación en problemas de evaluación multicriterio**

- Los aspectos cualitativos de un problema de decisión son fácilmente manejados.
- Dos alternativas pueden no ser comparables en el sentido de que no domina ni la preferencia estricta ni la indiferencia; nótese que esta situación es bastante frecuente en el curso de un proceso de toma de decisiones donde la información disponible no permite una suficiente discriminación; las situaciones de incomparabilidad no son consideradas en la teoría clásica de Toma de Decisiones.
- En la medida en que las situaciones de no comparabilidad son tomadas en cuenta, la no transitividad es permitida; lo cual corresponde más a las situaciones prácticas.
- El axioma de estabilidad no siempre se cumple. Este axioma clásico en la teoría de decisiones establece que si  $S_A$  y  $S_{A'}$  son relaciones de sobreclasificación en  $A$  y  $A'$ , con  $A \subset A'$ , entonces:

$$a_k S_A a_l \Leftrightarrow a_k S_{A'} a_l$$

La práctica muestra que este axioma no siempre es realista[2].

### 3.3. Descripción del Método de decisión

En esta sección se describen los pasos del método ELECTRE II el cual se ha elegido como método de solución al problema planteado: se asocian los pesos respectivos a cada uno de los criterios, se calculan las matrices de concordancia y discordancia, se definen los niveles de concordancia y discordancia para definir una relación de sobreclasificación, finalmente se construyen las gráficas de sobreclasificación fuerte y débil para aplicar el procedimiento para ordenar.

#### 3.3.1. Algoritmo ELECTRE II

Dada una matriz de calificaciones  $M_{(m \times n)}$  y un conjunto de criterios verdaderos ( $p_j = q_j = 0$  para  $j = 1, \dots, n$ ) se consideran las alternativas  $a_k, a_l \in A$  ( $k, l = 1, \dots, m ; k \neq l$ ).

#### Inicio

1. Asociar a cada criterio  $g_j$  un peso  $w_j$ .
2. Calcular la matriz de concordancia  $C_{(m \times m)} = c_{kl}$  según la definición 3.7. Sean  $C(a_k S a_l) = G^+$ ,  $C(a_l Q a_k) = G^=$  y  $C(a_l P a_k) = G^-$  tales que:

- $G^+ = \{g_j : g_j(a_k) > g_j(a_l), g_j \in J\}$
- $G^= = \{g_j : g_j(a_k) = g_j(a_l), g_j \in J\}$
- $G^- = \{g_j : g_j(a_l) > g_j(a_k), g_j \in J\}$
- $J^+ = \{j : g_j \in G^+\}$
- $J^= = \{j : g_j \in G^=\}$
- $J^- = \{j : g_j \in G^-\}$

Se define:

$$c_{kl} = \frac{1}{w} \left[ \sum_{j \in J^+} w_j + \sum_{j \in J^=} w_j \right] \text{ donde } w = \sum_{j \in J} w_j$$

3. Para las alternativas  $a_k$  y  $a_l$  calcular el índice de discordancia  $d_{kl}$  según la siguiente expresión y resumir los resultados en una matriz de discordancia  $D_{(m \times m)} = (d_{kl})$ :

$$d_{kl} = \max_{j \in J^-} \left\{ \frac{g_j(a_l) - g_j(a_k)}{g_j^s} \right\}$$

donde  $g_j^s$  se calcula como se especifica en la Definición 3.8.

4. Fijar los siguientes parámetros:

- Tres niveles de concordancia  $u_1, u_2$  y  $u_3$  tales que  $1 \geq u_1 \geq u_2 \geq u_3 \geq 0$ ;
- Dos niveles de discordancia  $v_1$  y  $v_2$  tales que  $1 > v_1 > v_2 > 0$ .

5. Definir una relación de sobreclasificación fuerte  $S_f$  y una débil  $S_d$  de la siguiente forma para  $a_k, a_l \in A$ :

$$\begin{aligned} \text{▪ } a_k S_f a_l &\Leftrightarrow \begin{cases} \text{I. } c_{kl} \geq u_1 \\ \text{II. } \sum_{j \in J^+} w_j \geq \sum_{j \in J^-} w_j \\ \text{III. } d_{kl} \leq v_1 \end{cases} \quad \text{ó} \quad \begin{cases} \text{I. } c_{kl} \geq u_2 \\ \text{II. } \sum_{j \in J^+} w_j \geq \sum_{j \in J^-} w_j \\ \text{III. } d_{kl} \leq v_2 \end{cases} \\ \text{▪ } a_k S_d a_l &\Leftrightarrow \begin{cases} \text{I. } c_{kl} \geq u_3 \\ \text{II. } \sum_{j \in J^+} w_j \geq \sum_{j \in J^-} w_j \\ \text{III. } d_{kl} \leq v_1 \end{cases} \end{aligned}$$

6. Definir la gráfica[16] de sobreclasificación para cada relación obtenida de la siguiente forma:

- $H_f = [A, B_f]$  donde  $A$  es el conjunto de alternativas (vértices) y una arista  $(a_k, a_l) \in B_f \Leftrightarrow a_k S_f a_l$ .
- $H_d = [A, B_d]$  donde  $A$  es el conjunto de alternativas (vértices) y una arista  $(a_k, a_l) \in B_d \Leftrightarrow a_k S_d a_l$ .

7. Si  $H_f$  y  $H_d$  no contienen circuitos[16], ir al Paso 8; en caso afirmativo eliminar los circuitos de ambas gráficas e ir al Paso 8.
8. Obtener el ordenamiento final  $F$  sobre el conjunto  $A$  mediante el *procedimiento para ordenar*.

Terminar.  $F$  permite establecer una estructura de orden o preorden total  $\{P, I\}$  entre las alternativas que constituyen la solución al problema.

## Fin

Un mecanismo recomendado por Bernard Roy[3] para eliminar los circuitos de una gráfica  $H$  consiste en tomar en cuenta que (desde el punto de vista de las preferencias de  $D$ ) si existe un circuito en  $H$ , por ejemplo  $a_1 \rightarrow a_2 \rightarrow a_3 \rightarrow a_1$ , el decisor  $D$  considera a las alternativas que lo forman como indiferentes entre sí por lo tanto podrá representarse en una alternativa ficticia  $a_{n+1} = \{a_1, a_2, a_3\}$  que ocupará el lugar del circuito en la nueva gráfica, eliminando previamente las tres primeras de la misma.

En otras palabras, haciendo  $A' = A - \{a_1, a_2, a_3\} \cup \{a_{n+1}\}$  y reexpresando el conjunto de aristas de acuerdo con las siguientes reglas de extensión se obtiene una gráfica  $H' = (A', B')$  sin circuitos.

### Reglas de extensión

Si  $a_h$  ocupa el lugar de un circuito en la gráfica de sobreclasificación  $H'$ , las aristas se asocian en la forma que se muestra a continuación:

- $(a_i, a_h) \in B'$ ,  $a_i S a_h$ , si existe  $a_k \in a_h$  tal que  $(a_i S a_k) \in B$ ;
- $(a_h, a_i) \in B'$ ,  $a_h S a_i$ , si existe  $a_k \in a_h$  tal que  $(a_k S a_i) \in B$ .

A continuación se describe el procedimiento para ordenar las gráficas  $H_f$  y  $H_d$  obtenidas por el algoritmo ELECTRE II. Cabe mencionar que este procedimiento tiene como subrutina un Algoritmo para Ordenar Alternativas.

### Procedimiento para Ordenar

Dadas las gráficas  $H_f$  y  $H_d$  obtenidas por el Algoritmo ELECTRE II:

1. Determinar el ordenamiento descendente  $F'$ , mediante el Algoritmo para Ordenar Alternativas.
2. Cambiar las direcciones de los arcos en  $H_f$  y  $H_d$ .
3. Obtener el ordenamiento  $F^*$  mediante el Algoritmo para Ordenar Alternativas sustituyendo en el Paso 6  $F'(a_k)$  por  $F^*(a_k)$ .
4. Calcular el ordenamiento ascendente  $F''$  mediante:

$$F''(a_k) = 1 + F_{max}^* - F^*(a_k) \quad \forall a_k \in A$$

donde  $F_{max}^* = \max_{a_k \in A} \{F^*(a_k)\}$

5. Calcular:

$$F(a_k) = \frac{F'(a_k) + F''(a_k)}{2} \quad \forall a_k \in A$$

Terminar. Defínase,  $F$  el ordenamiento medio, de la siguiente manera:

- $a_k P a_l \Leftrightarrow F(a_k) < F(a_l)$ ;
- $a_k I a_l \Leftrightarrow F(a_k) = F(a_l)$ .

*Algoritmo para Ordenar Alternativas*

Dadas las gráficas  $H_f$  y  $H_d$  obtenidas por el Algoritmo ELECTRE II:

1. Sea  $t = 0$ ;  $Y^{(t)} = A$ .
2. Obtener  $C = \{a_k \in Y^{(t)} \mid \Gamma^-(a_k) = \emptyset \text{ en } H_f\}$ . En este paso se seleccionan las alternativas que no son sobreclasificadas fuertemente por otras, es decir se seleccionan los vértices que no tienen predecesores.<sup>8</sup>
3. Obtener:  
 $U = \{a_k \in C \mid \exists a_l \in C \text{ tal que } (a_k, a_l) \in B_d \text{ o } (a_l, a_k) \in B_d\}$ .  
 Es decir, se identifican todas las alternativas en  $C$  que están relacionadas a través de  $S_d$  en la gráfica  $H_d$ .
4. Obtener  $B = \{a_k \in U \mid \Gamma^-(a_k) = \emptyset \text{ en } H_d\}$ . Se seleccionan todas las alternativas de  $U$  que no tienen predecesor en  $H_d$ .
5. Hacer  $A^{(t)} = (C - U) \cup B$ .
6. Obtener un ordenamiento para cada  $a_k \in A^{(t)}$  mediante  $F'(a_k) = t + 1$ .
7. Hacer  $Y^{(t+1)} = Y^{(t)} - A^{(t)}$ .
8. Si  $Y^{(t+1)} = \emptyset$ , terminar. En otro caso, hacer  $t = t + 1$  y regresar al Paso 2.

---

<sup>8</sup> $\Gamma^-(a_k)$  los predecesores del vértice  $a_k$ , elementos de Teoría de Gráficas[16].

### 3.3.2. Ejemplo de aplicación del algoritmo sobre un conjunto de títulos de publicaciones periódicas

La Tabla 3.2 muestra el conjunto de 19 títulos de revistas multidisciplinarias suscritas por la biblioteca de la Facultad de Ciencias y el conjunto de criterios verdaderos descritos en la Sección 2.4. con los que se evaluarán estos títulos. Estos son: costo, relevancia, otros accesos y uso.

El problema es, de acuerdo a lo planteado en la Sección 2.4, determinar un ordenamiento o preordenamiento que permita conocer qué títulos son preferidos con respecto a otros para decidir sobre posibles cancelaciones. Esto se logrará aplicando el algoritmo ELECTRE II.

Para comparar los valores de las alternativas (calificaciones) de acuerdo a los diferentes criterios es necesario que dichos valores sean homogéneos, ya que por ejemplo el acceso electrónico a la información es un criterio cualitativo, por lo tanto hay que expresarlo en una escala que sea comparable con los otros valores numéricos.

Esto significa que se expresará en una matriz de calificaciones a las alternativas evaluadas con respecto a cada uno de los diferentes criterios<sup>9</sup>. Se considerará como criterio positivo aquel cuyo mejor valor sea el más grande y se considerará como criterio negativo aquel en cual el mejor valor es el más pequeño. Sean entonces:

- $A$  el conjunto de los títulos (alternativas) cuyo índice está definido por el orden presentado en la tabla:  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_{19}\}$  donde  $a_1$  es el título *American Scientist* y  $a_{19}$  es *The Science Teacher*.
- $g_1$  el costo representado por el precio de la suscripción anual para 2010 del título, en pesos mexicanos. Este criterio se considera negativo.
- $g_2$  la relevancia del título medido por el factor de impacto del título en 2009, de acuerdo en lo mostrado en el SCR del ISI. Este criterio se considera positivo.
- $g_3$  el acceso electrónico al título, calculado de acuerdo a su cobertura en las diferentes plataformas suscritas por la UNAM en 2010. Este criterio

---

<sup>9</sup>Sección 2.4.

		$g_1$	$g_2$	$g_3$	$g_4$	$g_5$
		Costo	Relevancia	Otros accesos		Uso
	Tipo de criterio	Negativo	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo
	Título	Precio (M.N.)	Factor de Impacto 2009	Acceso Electrónico a la Información Actualizada	Otras suscripciones en CU	Consultas en el año 2010
$a_1$	American scientist	1,148.68	0.91	Parcial final (2)	2	1
$a_2$	Annals of the N.Y. Academy of Sciences	60,234.32	2.67	Parcial inicial y final (1.72)	1	0
$a_3$	British journal for the History of science	3,517.85		Parcial inicial (1.5)	1	3
$a_4$	Ciencia y desarrollo	180		Parcial inicial (1)	10	12
$a_5$	Discover (Chicago II)	574.34		Parcial inicial (1.25)	2	0
$a_6$	Enseñanza de las ciencias	1,296		Ninguno (0)	2	5
$a_7$	IEEE transactions on education	4,283.05	0.82	Total (2)	0	0
$a_8$	International journal of science education	37,313.09		Parcial inicial (1.72)	1	10
$a_9$	Investigación y ciencia	2,006.47		Ninguno (0)	2	67
$a_{10}$	La Recherche (París, 1970)	1,452.85		Ninguno (0)	3	0
$a_{11}$	Nature (London)	35,500.68	34.48	Parcial inicial (2.5)	9	21
$a_{12}$	New Scientist (1971)	2,947.22	0.33	Parcial inicial y final (0.75)	3	2
$a_{13}$	Proceedings of the National Academy of Sciences of USA	61,634.29	9.43	Total (2.75)	7	6
$a_{14}$	Revista Latinoamericana de estudios educativos	180		Parcial inicial y final (0.25)	5	0
$a_{15}$	Science (Washington, D.C.)	11,463.54	29.74	Total (2.75)	12	22
$a_{16}$	Science and Education	15,041.11		Parcial inicial (1.5)	2	3
$a_{17}$	Scientific American	586.3	2.47	Parcial inicial (2)	13	28
$a_{18}$	The journal of experimental education	2,381.13		Parcial inicial y final (0.5)	2	2
$a_{19}$	The Science teacher (Washington, D.C.)	1,902.51		Parcial inicial (2)	0	1

Tabla 3.2: Alternativas y criterios a considerar para el orden de prioridad de los títulos multidisciplinarios

considerará negativo.

- $g_4$  el número de suscripciones al título impreso en 2010 por otras bibliotecas dentro de la Ciudad Universitaria. Este criterio considera negativo.
- $g_5$  el número de consultas al título durante 2010, realizadas en la hemeroteca de la Facultad de Ciencias. Este criterio considera positivo.

Reexpresando los valores de la Tabla 3.2 se tiene la siguiente matriz de calificaciones:

$$M = \begin{matrix} & & g_1 & g_2 & g_3 & g_4 & g_5 \\ \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \\ a_7 \\ a_8 \\ a_9 \\ a_{10} \\ a_{11} \\ a_{12} \\ a_{13} \\ a_{14} \\ a_{15} \\ a_{16} \\ a_{17} \\ a_{18} \\ a_{19} \end{matrix} & \left( \begin{matrix} -1148.68 & 0.91 & -2 & -2 & 1 \\ -60234.32 & 2.67 & -1.72 & -1 & 0 \\ -3517.85 & 0 & -1.5 & -1 & 3 \\ -180 & 0 & -1 & -10 & 12 \\ -574.34 & 0 & -1.25 & -2 & 0 \\ -1296 & 0 & 0 & -2 & 5 \\ -4283.05 & 0.82 & -2 & 0 & 0 \\ -37313.09 & 0 & -1.72 & -1 & 10 \\ -2006.47 & 0 & 0 & -2 & 67 \\ -1452.85 & 0 & 0 & -3 & 0 \\ -35500.68 & 34.48 & -2.5 & -9 & 21 \\ -2947.22 & 0.33 & -0.75 & -3 & 2 \\ -61634.29 & 9.43 & -2.75 & -7 & 6 \\ -180 & 0 & -0.25 & -5 & 0 \\ -11463.54 & 29.74 & -2.75 & -12 & 22 \\ -15041.11 & 0 & -1.5 & -2 & 3 \\ -586.3 & 2.47 & -2 & -13 & 28 \\ -2381.13 & 0 & -0.5 & -2 & 2 \\ -1902.51 & 0 & -2 & 0 & 1 \end{matrix} \right) \end{matrix}$$

Esta matriz constituye el elemento inicial para la aplicación del algoritmo ELECTRE II.

## Asignación de los pesos a cada criterio

Para determinar el peso de cada uno de los criterios  $g_j$ ,  $j = 1, \dots, 5$ ; se considera inicialmente que todos ellos tienen la misma importancia, sea entonces  $w_1 = w_2 = w_3 = w_4 = w_5 = 1$ , donde  $w_i$  es el peso del criterio  $i$ . De esta forma el parámetro inicial para determinar los pesos será la unidad.

Para los criterios  $g_1$  y  $g_4$  se considera mantener  $w_1 = w_4 = 1$ <sup>10</sup>. Ahora el criterio  $g_2$  se considera el doble de importante que los dos criterios anteriores<sup>11</sup> por lo que  $w_2 = 2$ ; a su vez  $g_3$  tiene el triple de importancia de acuerdo con el parámetro inicial<sup>12</sup> por lo que  $w_3 = 3$  y por último,  $g_5$  tendrá el cuádruple de importancia, siendo este el criterio el de mayor peso o importancia<sup>13</sup>, por lo cual  $w_5 = 4$ , es decir que para  $D$  lo más importante es el uso presencial que tiene el título.

## Aplicando el Algoritmo ELECTRE II

### Paso 1E

Sea  $W = [1, 2, 3, 1, 4]$  el vector que contiene los pesos asignados por  $D$  a cada criterio  $g_j$ ,  $j = 1, \dots, 5$ .

### Paso 2E

La matriz de concordancia que se obtiene de acuerdo a la Definición 3.7, al calcular el índice  $c_{kl}$  para cada pareja de revistas (alternativas)  $a_k$  y  $a_l$ ,  $k, l = 1, \dots, 5, k \neq l$  es:

---

<sup>10</sup>Es decir, que el decisor  $D$  piensa que el costo y la duplicidad del ejemplar en otras bibliotecas tienen el mismo nivel básico de importancia 1.

<sup>11</sup>Significa, que  $D$  considera la relevancia del título el doble de importante que el costo y la duplicidad.

<sup>12</sup>Es decir, que para  $D$  representa un mayor nivel de importancia contar con la información aún mediante el acceso electrónico

<sup>13</sup>Sección 2.4

$$C = \begin{bmatrix} - & 0.45 & 0.27 & 0.27 & 0.63 & 0.36 & 0.90 & 0.27 & 0.36 & 0.72 & 0.45 & 0.36 & 0.45 & 0.63 & 0.45 & 0.36 & 0.36 & 0.36 & 0.90 \\ 0.54 & - & 0.27 & 0.27 & 0.63 & 0.27 & 0.81 & 0.54 & 0.27 & 0.63 & 0.36 & 0.27 & 0.45 & 0.63 & 0.36 & 0.27 & 0.54 & 0.27 & 0.45 \\ 0.72 & 0.81 & - & 0.27 & 0.63 & 0.27 & 0.72 & 0.63 & 0.27 & 0.63 & 0.45 & 0.45 & 0.45 & 0.63 & 0.45 & 1 & 0.36 & 0.63 & 0.81 \\ 0.72 & 0.72 & 0.90 & - & 0.90 & 0.63 & 0.72 & 0.90 & 0.27 & 0.63 & 0.36 & 0.45 & 0.72 & 0.63 & 0.45 & 0.90 & 0.45 & 0.63 & 0.90 \\ 0.45 & 0.72 & 0.54 & 0.27 & - & 0.36 & 0.72 & 0.54 & 0.36 & 0.72 & 0.45 & 0.18 & 0.45 & 0.63 & 0.45 & 0.63 & 0.45 & 0.36 & 0.54 \\ 0.72 & 0.72 & 0.90 & 0.54 & 0.90 & - & 0.72 & 0.54 & 0.63 & 1 & 0.45 & 0.81 & 0.45 & 0.90 & 0.45 & 1 & 0.36 & 1 & 0.90 \\ 0.36 & 0.54 & 0.27 & 0.27 & 0.63 & 0.27 & - & 0.36 & 0.27 & 0.63 & 0.45 & 0.27 & 0.45 & 0.63 & 0.45 & 0.36 & 0.36 & 0.27 & 0.54 \\ 0.72 & 0.81 & 0.63 & 0.27 & 0.63 & 0.63 & 0.63 & - & 0.27 & 0.63 & 0.36 & 0.45 & 0.81 & 0.63 & 0.36 & 0.63 & 0.36 & 0.63 & 0.81 \\ 0.72 & 0.72 & 0.90 & 0.90 & 0.90 & 0.90 & 0.72 & 0.90 & - & 0.90 & 0.81 & 0.81 & 0.81 & 0.90 & 0.81 & 1 & 0.72 & 1 & 0.81 \\ 0.27 & 0.72 & 0.54 & 0.54 & 0.81 & 0.45 & 0.72 & 0.54 & 0.54 & - & 0.45 & 0.45 & 0.45 & 0.90 & 0.45 & 0.54 & 0.36 & 0.54 & 0.54 \\ 0.54 & 0.63 & 0.54 & 0.63 & 0.54 & 0.54 & 0.54 & 0.63 & 0.18 & 0.54 & - & 0.54 & 0.90 & 0.54 & 0.54 & 0.54 & 0.27 & 0.54 & 0.54 \\ 0.63 & 0.72 & 0.54 & 0.54 & 0.81 & 0.18 & 0.72 & 0.54 & 0.18 & 0.63 & 0.45 & - & 0.45 & 0.63 & 0.45 & 0.54 & 0.36 & 0.54 & 0.81 \\ 0.54 & 0.54 & 0.54 & 0.27 & 0.54 & 0.54 & 0.54 & 0.18 & 0.18 & 0.54 & 0.09 & 0.54 & - & 0.54 & 0.36 & 0.54 & 0.27 & 0.54 & 0.54 \\ 0.36 & 0.72 & 0.54 & 0.63 & 0.90 & 0.27 & 0.72 & 0.54 & 0.27 & 0.63 & 0.45 & 0.36 & 0.45 & - & 0.45 & 0.54 & 0.45 & 0.54 & 0.54 \\ 0.54 & 0.63 & 0.54 & 0.54 & 0.54 & 0.54 & 0.54 & 0.63 & 0.18 & 0.54 & 0.45 & 0.54 & 0.90 & 0.54 & - & 0.63 & 0.27 & 0.54 & 0.54 \\ 0.72 & 0.72 & 0.81 & 0.27 & 0.63 & 0.27 & 0.63 & 0.54 & 0.27 & 0.63 & 0.45 & 0.45 & 0.45 & 0.63 & 0.36 & - & 0.36 & 0.63 & 0.81 \\ 0.90 & 0.45 & 0.63 & 0.54 & 0.54 & 0.63 & 0.90 & 0.63 & 0.27 & 0.63 & 0.72 & 0.63 & 0.72 & 0.54 & 0.72 & 0.63 & - & 0.63 & 0.90 \\ 0.72 & 0.72 & 0.54 & 0.54 & 0.90 & 0.27 & 0.72 & 0.54 & 0.27 & 0.63 & 0.45 & 0.81 & 0.45 & 0.63 & 0.45 & 0.63 & 0.36 & - & 0.81 \\ 0.72 & 0.54 & 0.36 & 0.27 & 0.63 & 0.27 & 0.81 & 0.36 & 0.36 & 0.63 & 0.45 & 0.18 & 0.45 & 0.63 & 0.45 & 0.36 & 0.36 & 0.36 & - \end{bmatrix}$$

Por ejemplo, los índices de concordancia para las alternativas  $a_1$  y  $a_2$  así como para  $a_8$  y  $a_5$  se calculan de la siguiente manera:

siendo:  $w = \sum_{j=1}^5 w_j = 11$

$$\blacksquare c_{12} = \frac{1}{w} \left[ \sum_{j \in J^+} w_j + \sum_{j \in J^=} w_j \right] = \frac{1}{w} (w_1 + w_5) = \frac{1}{11} (1 + 4) = 0.45$$

donde  $G^+ = \{g_1, g_5\}$  y  $J^+ = \{1, 5\}$  ya que  $g_1(a_1) > g_1(a_2)$  y  $g_5(a_1) > g_5(a_2)$ ; además se tiene que  $G^= = \emptyset$  pues no se cumple que  $g_j(a_1) = g_j(a_2)$  para alguna  $j$ .

$$\blacksquare c_{85} = \frac{1}{w} \left[ \sum_{j \in J^+} w_j + \sum_{j \in J^=} w_j \right] = \frac{1}{w} (w_2 + w_4 + w_5);$$

$$c_{85} = \frac{1}{11} (2 + 1 + 4) = 0.63$$

donde  $G^+ = \{g_4, g_5\}$  y  $J^+ = \{4, 5\}$  ya que  $g_4(a_8) > g_4(a_5)$  y  $g_5(a_8) > g_5(a_5)$  además se tiene a los conjuntos  $G^= = \{g_2\}$  y  $J^= = \{2\}$  pues sí se cumple que  $g_2(a_8) = g_2(a_5)$ .

### Paso 3E

Para calcular  $d_{kl}$  se deben determinar los rangos máximos para cada criterio pues el desacuerdo que pudiera existir al comparar  $a_k$  con  $a_l$  se mide en relación a este rango para cada criterio. Considerando la matriz de calificaciones los rangos máximos para los criterios en G se calculan de la siguiente manera:

$$g_1^s = \max\{|-1148.68|, |-60234.32|, \dots, |-61634.29|, \dots, |-1902.51|\}$$

$$g_1^s = 61634,29$$

$$g_2^s = \max\{0.91, 2.67, \dots, 34.48, \dots, 0\} = 34.48$$

$$g_3^s = \max\{|-2|, |-1.72|, \dots, |-2.75|, \dots, |-2|\} = 2.75$$

$$g_4^s = \max\{|-2|, |-1|, \dots, |-13|, \dots, 0\} = 13$$

$$g_5^s = \max\{1, 0, \dots, 67, \dots, 1\} = 67$$

El cálculo de los índices de discordancia para las alternativas  $a_1$  y  $a_2$  así como para las alternativas  $a_8$  y  $a_5$  se muestra a continuación:

$$\begin{aligned} \blacksquare d_{12} &= \max_{j \in J^-} \left\{ \frac{g_j(a_2) - g_j(a_1)}{g_j^s} \right\} \\ &= \max \left\{ \frac{g_2(a_2) - g_2(a_1)}{g_2^s}, \frac{g_3(a_2) - g_3(a_1)}{g_3^s}, \frac{g_4(a_2) - g_4(a_1)}{g_4^s} \right\} \\ &= \max \left\{ \frac{-2.67 - (0.91)}{34.48}, \frac{-1.72 - (-2)}{2.75}, \frac{-1 - (-2)}{13} \right\} \\ &= \max \left\{ 0.05, 0.10, 0.07 \right\} = 0.10 \end{aligned}$$

donde  $J^- = \{2, 3, 5\}$ ; pues  $G^- = \{g_2, g_3, g_5\}$  dado que  $g_2(a_2) > g_2(a_1)$ ,  $g_3(a_2) > g_3(a_1)$  y  $g_5(a_2) > g_5(a_1)$ ;

$$\begin{aligned} \blacksquare d_{85} &= \max_{j \in J^-} \left\{ \frac{g_j(a_6) - g_j(a_1)}{g_j^s} \right\} \\ &= \max \left\{ \frac{g_1(a_5) - g_1(a_8)}{g_1^s}, \frac{g_3(a_5) - g_3(a_8)}{g_3^s} \right\} \\ &= \max \left\{ \frac{-574.34 - (-37313.09)}{61634.29}, \frac{-1.25 - (-1.72)}{2.75} \right\} \end{aligned}$$

$$= \text{máx} \left\{ 0.59, 0.17 \right\} = 0.59$$

donde  $J^- = \{1, 3\}$ ; pues  $G^- = \{g_1, g_3\}$  dado que  $g_1(a_5) > g_1(a_8)$  y  $g_3(a_5) > g_3(a_8)$ ;

La matriz de discordancia que se obtiene de esta forma es la siguiente:

$$D = \begin{bmatrix} - & 0.10 & 0.18 & 0.36 & 0.27 & 0.72 & 0.15 & 0.13 & 0.98 & 0.72 & 0.97 & 0.45 & 0.24 & 0.63 & 0.83 & 0.18 & 0.40 & 0.54 & 0.15 \\ 0.95 & - & 0.92 & 0.97 & 0.96 & 0.95 & 0.90 & 0.37 & 1 & 0.95 & 0.92 & 0.92 & 0.19 & 0.97 & 0.79 & 0.73 & 0.96 & 0.93 & 0.94 \\ 0.03 & 0.07 & - & 0.18 & 0.09 & 0.54 & 0.07 & 0.10 & 0.95 & 0.54 & 1 & 0.27 & 0.27 & 0.45 & 0.86 & 0 & 0.37 & 0.36 & 0.07 \\ 0.61 & 0.69 & 0.69 & - & 0.61 & 0.61 & 0.76 & 0.69 & 0.82 & 0.53 & 1 & 0.53 & 0.27 & 0.38 & 0.86 & 0.61 & 0.23 & 0.61 & 0.76 \\ 0.02 & 0.07 & 0.07 & 0.17 & - & 0.45 & 0.15 & 0.14 & 1 & 0.45 & 1 & 0.18 & 0.27 & 0.36 & 0.86 & 0.04 & 0.41 & 0.27 & 0.15 \\ 0.02 & 0.07 & 0.07 & 0.10 & 0.01 & - & 0.15 & 0.07 & 0.92 & 0 & 1 & 0 & 0.27 & 0.01 & 0.86 & 0 & 0.34 & 0 & 0.15 \\ 0.05 & 0.10 & 0.18 & 0.36 & 0.27 & 0.72 & - & 0.14 & 1 & 0.72 & 0.97 & 0.45 & 0.24 & 0.63 & 0.83 & 0.18 & 0.41 & 0.54 & 0.03 \\ 0.58 & 0.07 & 0.54 & 0.60 & 0.59 & 0.62 & 0.53 & - & 0.85 & 0.62 & 1 & 0.55 & 0.27 & 0.60 & 0.86 & 0.36 & 0.59 & 0.56 & 0.57 \\ 0.02 & 0.07 & 0.07 & 0.02 & 0.02 & 0.01 & 0.15 & 0.07 & - & 0 & 1 & 0 & 0.27 & 0.02 & 0.86 & 0 & 0.07 & 0 & 0.15 \\ 0.07 & 0.15 & 0.15 & 0.17 & 0.07 & 0.07 & 0.23 & 0.15 & 1 & - & 1 & 0.02 & 0.27 & 0.02 & 0.86 & 0.07 & 0.41 & 0.07 & 0.23 \\ 0.55 & 0.61 & 0.61 & 0.57 & 0.56 & 0.90 & 0.69 & 0.61 & 0.90 & 0.90 & - & 0.63 & 0.15 & 0.81 & 0.38 & 0.53 & 0.56 & 0.72 & 0.69 \\ 0.07 & 0.15 & 0.15 & 0.14 & 0.07 & 0.27 & 0.23 & 0.15 & 0.97 & 0.27 & 0.99 & - & 0.26 & 0.18 & 0.85 & 0.07 & 0.38 & 0.09 & 0.23 \\ 0.98 & 0.46 & 0.94 & 0.99 & 0.99 & 1 & 0.93 & 0.46 & 1 & 1 & 0.72 & 0.95 & - & 0.99 & 0.81 & 0.75 & 0.99 & 0.96 & 0.96 \\ 0.23 & 0.30 & 0.30 & 0.17 & 0.23 & 0.23 & 0.38 & 0.30 & 1 & 0.15 & 1 & 0.15 & 0.27 & - & 0.86 & 0.23 & 0.41 & 0.23 & 0.38 \\ 0.76 & 0.84 & 0.84 & 0.63 & 0.76 & 1 & 0.92 & 0.84 & 1 & 1 & 0.23 & 0.72 & 0.38 & 0.90 & - & 0.76 & 0.27 & 0.81 & 0.92 \\ 0.22 & 0.07 & 0.18 & 0.24 & 0.23 & 0.54 & 0.17 & 0.10 & 0.95 & 0.54 & 1 & 0.27 & 0.27 & 0.45 & 0.86 & - & 0.37 & 0.36 & 0.21 \\ 0.84 & 0.92 & 0.92 & 0.36 & 0.84 & 0.84 & 1 & 0.92 & 0.84 & 0.76 & 0.92 & 0.76 & 0.46 & 0.63 & 0.79 & 0.84 & - & 0.84 & 1 \\ 0.02 & 0.07 & 0.07 & 0.14 & 0.02 & 0.18 & 0.15 & 0.11 & 0.97 & 0.18 & 1 & 0 & 0.27 & 0.09 & 0.86 & 0.01 & 0.38 & - & 0.15 \\ 0.02 & 0.10 & 0.18 & 0.36 & 0.27 & 0.72 & 0.02 & 0.13 & 0.98 & 0.72 & 1 & 0.45 & 0.27 & 0.63 & 0.86 & 0.18 & 0.40 & 0.54 & - \end{bmatrix}$$

#### Paso 4E

$D$  especifica los siguientes niveles de concordancia y discordancia. Después de analizar los valores obtenidos en las matrices respectivas  $D$  determina los siguientes parámetros:  $u_1 = 1$ ,  $u_2 = 0.90$ ,  $u_3 = 0.80$ ,  $v_1 = 0.50$  y  $v_2 = 0.45$ .

#### Pasos 5E y 6E

Una vez definidos los niveles de concordancia y discordancia pueden construirse las relaciones de sobreclasificación fuerte y débil, así como sus respectivas gráficas .

Por ejemplo para la relación de sobreclasificación fuerte:

$$\begin{array}{l}
 \blacksquare a_3 S_f a_{16} \text{ ya que } \left\{ \begin{array}{l} \text{I. } 1 = c_{316} \geq u_1 = 1 \quad J^+ = \{1, 4\} \\ \text{II. } 2 = \sum_{j \in J^+} w_j \geq \sum_{j \in J^-} w_j = 0 \quad \text{donde } J^- = \emptyset \\ \text{III. } 0 = d_{316} \leq v_1 = 0.50 \quad J^= = \{2, 3, 5\} \end{array} \right. \\
 \blacksquare a_9 S_f a_3 \text{ ya que } \left\{ \begin{array}{l} \text{I. } 0.90 = c_{93} \geq u_2 = 0.90 \quad J^+ = \{1, 3, 5\} \\ \text{II. } 8 = \sum_{j \in J^+} w_j \geq \sum_{j \in J^-} w_j = 1 \quad \text{donde } J^- = \{4\} \\ \text{III. } 0.07 = d_{93} \leq v_1 = 0.50 \quad J^= = \{2\} \end{array} \right. \\
 \blacksquare a_{11} S_f a_{13} \text{ ya que } \left\{ \begin{array}{l} \text{I. } 0.90 = c_{1113} \geq u_2 = 0.90 \quad J^+ = \{1, 2, 3, 5\} \\ \text{II. } 10 = \sum_{j \in J^+} w_j \geq \sum_{j \in J^-} w_j = 1 \quad \text{donde } J^- = \{4\} \\ \text{III. } 0.15 = d_{1113} \leq v_1 = 0.50 \quad J^= = \emptyset \end{array} \right. \\
 \blacksquare a_{18} S_f a_5 \text{ ya que } \left\{ \begin{array}{l} \text{I. } 0.90 = c_{185} \geq u_2 = 0.90 \quad J^+ = \{3, 5\} \\ \text{II. } 7 = \sum_{j \in J^+} w_j \geq \sum_{j \in J^-} w_j = 1 \quad \text{donde } J^- = \{1\} \\ \text{III. } 0.02 = d_{185} \leq v_1 = 0.50 \quad J^= = \{2, 4\} \end{array} \right.
 \end{array}$$

De forma análoga se tiene que:  $a_1 S_f a_7$ ,  $a_1 S_f a_{19}$ ,  $a_6 S_f a_3$ ,  $a_6 S_f a_5$ ,  $a_6 S_f a_{10}$ ,  $a_6 S_f a_{14}$ ,  $a_6 S_f a_{16}$ ,  $a_6 S_f a_{18}$ ,  $a_6 S_f a_{19}$ ,  $a_9 S_f a_4$ ,  $a_9 S_f a_5$ ,  $a_9 S_f a_6$ ,  $a_9 S_f a_8$ ,  $a_9 S_f a_{10}$ ,  $a_9 S_f a_{14}$ ,  $a_9 S_f a_{16}$ ,  $a_9 S_f a_{18}$ ,  $a_{10} S_f a_{14}$ ,  $a_{14} S_f a_5$  y  $a_{15} S_f a_{13}$ .

Por lo que el conjunto de aristas de la gráfica  $H_f$  es  $B_f = \{(a_1, a_7), (a_1, a_{19}), (a_3, a_{16}), (a_6, a_3), (a_6, a_5), (a_6, a_{10}), (a_6, a_{14}), (a_6, a_{16}), (a_6, a_{18}), (a_6, a_{19}), (a_9, a_3), (a_9, a_4), (a_9, a_5), (a_9, a_6), (a_9, a_8), (a_9, a_{10}), (a_9, a_{14}), (a_9, a_{16}), (a_9, a_{18}), (a_{10}, a_{14}), (a_{11}, a_{13}), (a_{14}, a_5), (a_{15}, a_{13}), (a_{18}, a_5)\}$ ; por lo que la gráfica  $H_f = [A, B_f]$  que se obtiene es:

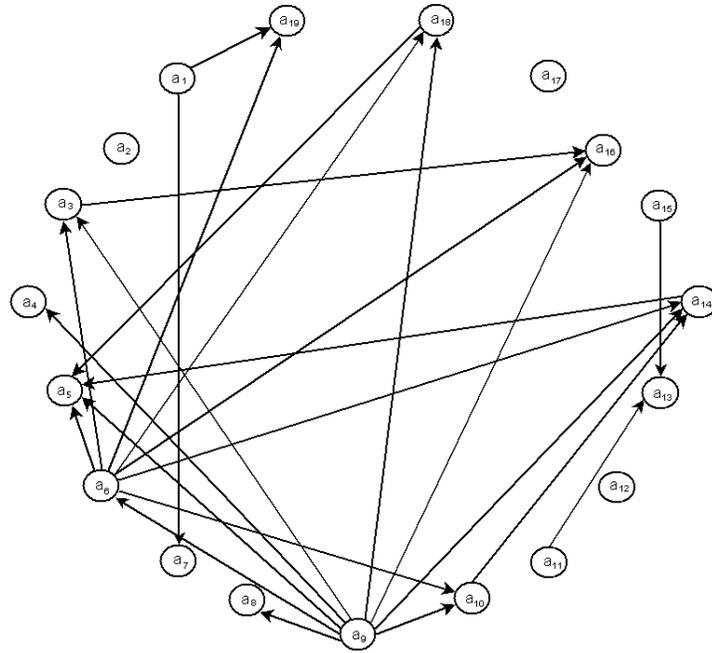


Figura 3.1: Gráfica  $H_f$  resultante

Considerando las condiciones establecidas por el algoritmo para la relación de sobreclasificación débil se tiene por ejemplo que para  $a_3$  y  $a_2$ , así como para  $a_8$  y  $a_2$  se cumple que:

$$\begin{array}{l}
 \blacksquare a_3 S_d a_2 \text{ ya que } \left\{ \begin{array}{l}
 \text{I. } 0.81 = c_{32} \geq u_3 = 0.80 \quad J^+ = \{1, 3, 5\} \\
 \text{II. } 8 = \sum_{j \in J^+} w_j \geq \sum_{j \in J^-} w_j = 2 \quad \text{donde } J^- = \{2\} \\
 \text{III. } 0.07 = d_{32} \leq v_1 = 0.50 \quad J^- = \{4\}
 \end{array} \right. \\
 \blacksquare a_8 S_d a_2 \text{ ya que } \left\{ \begin{array}{l}
 \text{I. } 0.81 = c_{82} \geq u_3 = 0.80 \quad J^+ = \{5\} \\
 \text{II. } 4 = \sum_{j \in J^+} w_j \geq \sum_{j \in J^-} w_j = 4 \quad \text{donde } J^- = \{1, 3\} \\
 \text{III. } 0.07 = d_{82} \leq v_1 = 0.50 \quad J^- = \{2, 4\}
 \end{array} \right.
 \end{array}$$

Análogamente se tiene que  $a_3 S_d a_{19}$ ,  $a_6 S_d a_{12}$ ,  $a_8 S_d a_{13}$ ,  $a_9 S_d a_{12}$ ,  $a_9 S_d a_{13}$ ,  $a_9 S_d a_{19}$ ,  $a_{10} S_d a_5$ ,  $a_{12} S_d a_5$ ,  $a_{12} S_d a_{19}$ ,  $a_{16} S_d a_{19}$ ,  $a_{18} S_d a_{12}$ ,  $a_{18} S_d a_{19}$  y  $a_{19} S_d a_7$ , pues cada pareja satisface las condiciones mencionadas.<sup>14</sup>

Del mismo modo construyendo el conjunto de aristas:  $B_d = \{(a_3, a_2)$ ,  $(a_3, a_{19})$ ,  $(a_6, a_{12})$ ,  $(a_8, a_2)$ ,  $(a_8, a_{13})$ ,  $(a_9, a_{12})$ ,  $(a_9, a_{13})$ ,  $(a_9, a_{19})$ ,  $(a_{10}, a_5)$ ,  $(a_{12}, a_5)$ ,  $(a_{12}, a_{19})$ ,  $(a_{16}, a_{19})$ ,  $(a_{18}, a_{12})$ ,  $(a_{18}, a_{19})$ ,  $(a_{19}, a_7)\}$ ; por lo cual la gráfica  $H_d = [A, B_d]$  que se obtiene es:

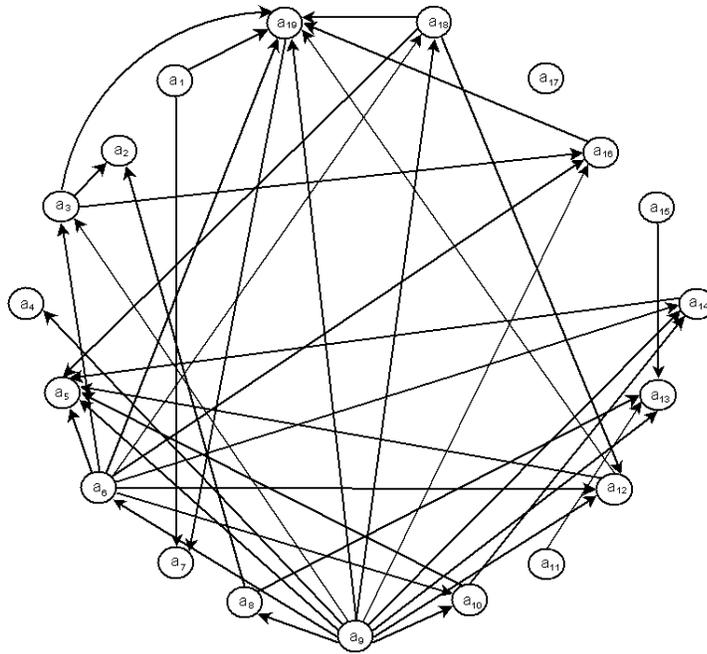


Figura 3.2: Gráfica  $H_d$

<sup>14</sup>Una alternativa será mejor mientras más aristas tengan como extremo inicial al vértice asociado a ésta en la gráfica.

### Pasos 7E y 8E

Obsérvese que las gráficas  $H_f$  y  $H_d$  no contienen circuitos y por lo tanto se procede a obtener el ordenamiento final  $F$  mediante el *procedimiento para ordenar*:

1.- A continuación se determina el ordenamiento descendente  $F'$  mediante *el Algoritmo para Ordenar Alternativas*.

#### Iteración 1

1.  $t = 0, Y^{(0)} = A$
2.  $C = \{a_1, a_2, a_9, a_{11}, a_{12}, a_{15}, a_{17}\}$  ya que sólo estas alternativas no tienen predecesor en  $H_f$ .
3.  $U = \{a_9, a_{12}\}$  ya que sólo estas alternativas se relacionan en  $H_d$ .
4.  $B = \{a_9\}$  ya que es la única alternativa en  $U$  que no tiene predecesor en  $H_d$ .
5.  $A^{(0)} = (C - U) \cup B = \{a_1, a_2, a_{11}, a_{15}, a_{17}\} \cup \{a_9\} = \{a_1, a_2, a_9, a_{11}, a_{15}, a_{17}\}$
6.  $F'(a_1) = F'(a_2) = F'(a_9) = F'(a_{11}) = F'(a_{15}) = F'(a_{17}) = 0 + 1 = 1$
7.  $Y^{(1)} = Y^{(0)} - A^{(0)} = \{a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8, a_{10}, a_{12}, a_{13}, a_{14}, a_{16}, a_{18}, a_{19}\}$
8.  $Y^{(1)} \neq \emptyset \Rightarrow t = 0 + 1 = 1$

#### Iteración 2

1.  $t = 1$
2.  $C = \{a_4, a_6, a_7, a_8, a_{12}, a_{13}\}$  ya que como  $a_1, a_2, a_9, a_{11}, a_{15}, a_{17}$  fueron eliminadas, sólo estas seis alternativas no tienen predecesor en  $H_f$ .
3.  $U = \{a_6, a_8, a_{12}, a_{13}\}$  ya que sólo estas alternativas están relacionadas en  $H_d$ .
4.  $B = \{a_6, a_8\}$  ya que sólo  $a_6$  y  $a_8 \in U$  no tienen predecesor en  $H_d$ .
5.  $A^{(1)} = (C - U) \cup B = \{a_4, a_7\} \cup \{a_6, a_8\} = \{a_4, a_6, a_7, a_8\}$

6.  $F'(a_4) = F'(a_6) = F'(a_7) = F'(a_8) = 1 + 1 = 2$
7.  $Y^{(2)} = Y^{(1)} - A^{(1)} = \{a_3, a_5, a_{10}, a_{12}, a_{13}, a_{14}, a_{16}, a_{18}, a_{19}\}$
8.  $Y^{(2)} \neq \emptyset \Rightarrow t = 1 + 1 = 2$

Iteración 3

1.  $t = 2$
2.  $C = \{a_3, a_{10}, a_{12}, a_{13}, a_{18}, a_{19}\}$
3.  $U = \{a_3, a_{12}, a_{18}, a_{19}\}$
4.  $B = \{a_3, a_{18}\}$
5.  $A^{(2)} = (C - U) \cup B = \{a_{10}, a_{13}\} \cup \{a_3, a_{18}\} = \{a_3, a_{10}, a_{13}, a_{18}\}$
6.  $F'(a_3) = F'(a_{10}) = F'(a_{13}) = F'(a_{18}) = 2 + 1 = 3$
7.  $Y^{(3)} = Y^{(2)} - A^{(2)} = \{a_5, a_{12}, a_{14}, a_{16}, a_{19}\}$
8.  $Y^{(3)} \neq \emptyset \Rightarrow t = 2 + 1 = 3$

Iteración 4

1.  $t = 3$
2.  $C = \{a_5, a_{12}, a_{14}, a_{16}, a_{19}\}$
3.  $U = \{a_5, a_{12}, a_{14}, a_{16}, a_{19}\}$
4.  $B = \{a_{12}, a_{14}, a_{16}\}$
5.  $A^{(3)} = (C - U) \cup B = \emptyset \cup \{a_{12}, a_{14}, a_{16}\} = \{a_{12}, a_{14}, a_{16}\}$
6.  $F'(a_{12}) = F'(a_{14}) = F'(a_{16}) = 3 + 1 = 4$
7.  $Y^{(4)} = Y^{(3)} - A^{(3)} = \{a_5, a_{19}\}$
8.  $Y^{(4)} \neq \emptyset \Rightarrow t = 3 + 1 = 4$

Iteración 5

1.  $t = 4$
2.  $C = \{a_5, a_{19}\}$
3.  $U = \emptyset$
4.  $B = \emptyset$
5.  $A^{(4)} = (C - U) \cup B = \{a_5, a_{19}\}$
6.  $F'(a_5) = F'(a_{19}) = 4 + 1 = 5$
7.  $Y^{(5)} = Y^{(4)} - A^{(4)} = \emptyset$
8.  $Y^{(5)} = \emptyset \rightarrow$  terminar.  $F'$  es el ordenamiento descendente.

2.- Ahora, invirtiendo la dirección de las aristas en las gráficas de sobreclasificación débil y fuerte se obtienen  $H_d^{-1}$  y  $H_f^{-1}$  respectivamente:

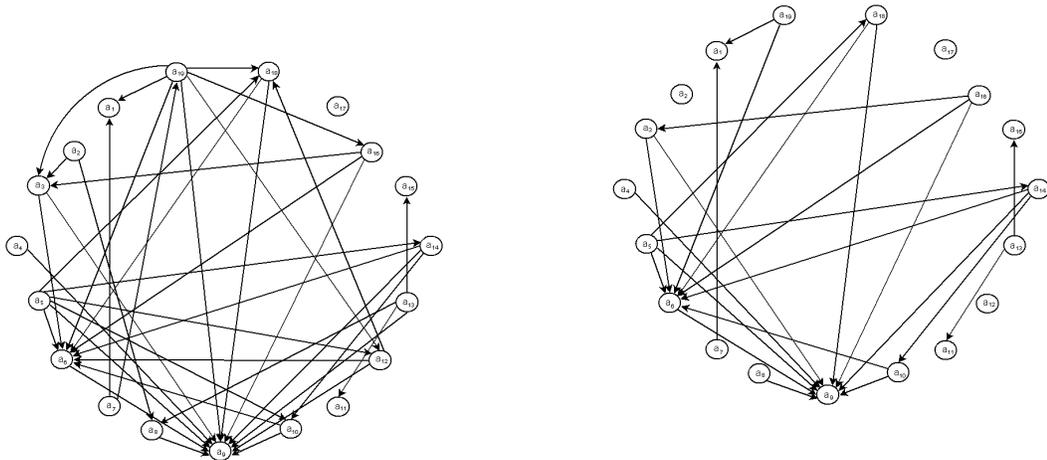


Figura 3.3: Gráficas  $H_d^{-1}$  y  $H_f^{-1}$

3.- Se calcula  $F^*$  utilizando el *Algoritmo para Ordenar Alternativas*.

Iteración 1

1.  $t = 0, Y^{(0)} = A$
2.  $C = \{a_2, a_4, a_5, a_7, a_8, a_{12}, a_{13}, a_{16}, a_{17}, a_{19}\}$  ya que sólo estas diez alternativas no tienen predecesor en  $H_f^{-1}$ .
3.  $U = \{a_2, a_7, a_8, a_{12}, a_{13}, a_{16}, a_{19}\}$  ya que sólo estas alternativas se relacionan en  $H_d^{-1}$ .
4.  $B = \{a_2, a_7, a_{13}\}$  ya que estas tres alternativas que pertenecen a  $U$  no tienen predecesor en  $H_d^{-1}$ .
5.  $A^{(0)} = (C - U) \cup B = \{a_4, a_5, a_{17}\} \cup \{a_2, a_7, a_{13}\} = \{a_2, a_4, a_5, a_7, a_8, a_{13}, a_{17}, \}$
6.  $F'(a_2) = F'(a_4) = F'(a_5) = F'(a_7) = F'(a_8) = F'(a_{13}) = F'(a_{17}) = 0 + 1 = 1$
7.  $Y^{(1)} = Y^{(0)} - A^{(0)} = \{a_1, a_3, a_6, a_8, a_9, a_{10}, a_{11}, a_{12}, a_{14}, a_{15}, a_{16}, a_{18}, a_{19}\}$
8.  $Y^{(1)} \neq \emptyset \Rightarrow t = 0 + 1 = 1$

Iteración 2

1.  $t = 1$
2.  $C = \{a_8, a_{11}, a_{12}, a_{14}, a_{15}, a_{16}, a_{18}, a_{19}\}$
3.  $U = \{a_{12}, a_{16}, a_{18}, a_{19}\}$
4.  $B = \{a_{19}\}$
5.  $A^{(1)} = (C - U) \cup B = \{a_8, a_{11}, a_{14}, a_{15}\} \cup \{a_{19}\} = \{a_8, a_{11}, a_{14}, a_{15}, a_{19}\}$
6.  $F'(a_8) = F'(a_{11}) = F'(a_{14}) = F'(a_{15}) = F'(a_{19}) = 1 + 1 = 2$
7.  $Y^{(2)} = Y^{(1)} - A^{(1)} = \{a_1, a_3, a_6, a_9, a_{10}, a_{12}, a_{14}, a_{16}, a_{18}\}$
8.  $Y^{(2)} \neq \emptyset \Rightarrow t = 1 + 1 = 2$

Iteración 3

1.  $t = 2$
2.  $C = \{a_1, a_{10}, a_{12}, a_{16}, a_{18}\}$
3.  $U = \{a_{12}, a_{18}\}$
4.  $B = \{a_{12}\}$
5.  $A^{(2)} = (C - U) \cup B = \{a_1, a_{10}, a_{16}\} \cup \{a_{12}\} = \{a_1, a_{10}, a_{12}, a_{16}\}$
6.  $F'(a_1) = F'(a_{10}) = F'(a_{12}) = F'(a_{16}) = 2 + 1 = 3$
7.  $Y^{(3)} = Y^{(2)} - A^{(2)} = \{a_3, a_6, a_9, a_{18}\}$
8.  $Y^{(3)} \neq \emptyset \Rightarrow t = 2 + 1 = 3$

Iteración 4

1.  $t = 3$
2.  $C = \{a_3, a_{12}\}$
3.  $U = \emptyset$
4.  $B = \emptyset$
5.  $A^{(3)} = (C - U) \cup B = \{a_3, a_{12}\}$
6.  $F'(a_3) = F'(a_{12}) = 3 + 1 = 4$
7.  $Y^{(4)} = Y^{(3)} - A^{(3)} = \{a_6, a_9\}$
8.  $Y^{(4)} \neq \emptyset \Rightarrow t = 3 + 1 = 4$

Iteración 5

1.  $t = 4$
2.  $C = \{a_6\}$
3.  $U = \emptyset$

4.  $B = \emptyset$
5.  $A^{(4)} = (C - U) \cup B = \{a_6\}$
6.  $F'(a_6) = 4 + 1 = 5$
7.  $Y^{(5)} = Y^{(4)} - A^{(4)} = \{a_9\}$
8.  $Y^{(5)} \neq \emptyset \Rightarrow t = 4 + 1 = 5$

Iteración 6

1.  $t = 5$
2.  $C = \{a_9\}$
3.  $U = \emptyset$
4.  $B = \emptyset$
5.  $A^{(5)} = (C - U) \cup B = \{a_9\}$
6.  $F'(a_9) = 5 + 1 = 6$
7.  $Y^{(6)} = Y^{(5)} - A^{(5)} = \emptyset$
8.  $Y^{(6)} = \emptyset \Rightarrow$  terminar.

4.- Calculando el ordenamiento ascendente  $F''$  se tiene:

$$F_{max}^* = \max\{3, 1, 4, 1, 1, 5, 1, 2, 6, 3, 2, 3, 1, 2, 2, 3, 1, 4, 2\} = 6$$

$$F''(a_1) = 1 + 6 - 3 = 4$$

$$F''(a_2) = 1 + 6 - 1 = 6$$

$$F''(a_3) = 1 + 6 - 4 = 3$$

$\vdots$

$$F''(a_{18}) = 1 + 6 - 4 = 3$$

$$F''(a_{19}) = 1 + 6 - 2 = 5$$

5.- El ordenamiento final  $F$  se obtiene mediante el paso 3 del procedimiento para ordenar. En la Tabla 3.3 se muestran los resultados. De donde por ejemplo:

$$\blacksquare F(a_1) = \frac{F'(a_1) + F''(a_1)}{2} = \frac{1 + 4}{2} = 2.5$$

$$\blacksquare F(a_{18}) = \frac{F'(a_{18}) + F''(a_{18})}{2} = \frac{3 + 3}{2} = 3$$

$a_i$	$F'(a_k)$	$F''(a_k)$	$F(a_k)$
$a_1$	1	4	2.5
$a_2$	1	6	3.5
$a_3$	3	3	3
$a_4$	2	6	4
$a_5$	5	6	5.5
$a_6$	2	2	2
$a_7$	2	6	4
$a_8$	2	5	3.5
$a_9$	1	1	1
$a_{10}$	3	4	3.5
$a_{11}$	1	5	3
$a_{12}$	4	4	4
$a_{13}$	3	6	4.5
$a_{14}$	4	5	4.5
$a_{15}$	1	5	3
$a_{16}$	4	4	4
$a_{17}$	1	6	3.5
$a_{18}$	3	3	3
$a_{19}$	5	5	5

Tabla 3.3: Ordenamiento final del problema

Con los resultados de  $F$ , la estructura del preordenamiento  $\{P, I\}$  que se establece entre los elementos del conjunto  $A$  es la siguiente:

$a_9 P a_6 P a_1 P a_3 I a_{11} I a_{15} I a_{18} P a_2 I a_8 I a_{10} I a_{17} P a_4 I a_7 I a_{12} I a_{16} P a_{13}$   
 $I a_{14} P a_{19} P a_5$

### 3.3.3. Ordenamiento obtenido

Nivel 1	$a_9$	Investigación y Ciencia
Nivel 2	$a_6$	Enseñanza de las Ciencias
Nivel 3	$a_1$	American scientist
Nivel 4	$a_3$	British journal for the History of science
	$a_{11}$	Nature (London)
	$a_{15}$	Science (Washington, D.C.)
	$a_{18}$	The journal of experimental education
Nivel 5	$a_2$	Annals of the N.Y. Academy of Sciences
	$a_8$	International journal of science education
	$a_{10}$	La Recherche (París, 1970)
	$a_{17}$	Scientific American
Nivel 6	$a_4$	Ciencia y desarrollo
	$a_7$	IEEE transactions on education
	$a_{12}$	New Scientist (1971)
	$a_{16}$	Science and Education
Nivel 7	$a_{13}$	Proceedings of the National Academy of Sciences of USA
	$a_{14}$	Revista Latinoamericana de estudios educativos
Nivel 8	$a_{19}$	The Science teacher (Washington, D.C.)
Nivel 9	$a_5$	Discover (Chicago II)

Al revisar estos resultados, por ejemplo, no resulta extraño que el título *Investigación y Ciencia* ( $a_9$ ) ocupe el primer lugar en prioridad, ya que su uso es el más alto y este es el criterio con mayor peso. Esto se debe en primer lugar a que se trata de un título multidisciplinario no especializado, pues es una revista de divulgación, que además es la versión en español del título *Scientific American* ( $a_{17}$ ) que aparece con prioridad 5 en el ordenamiento obtenido. Sin duda el idioma jugó un papel relevante en el uso de estos títulos y, por lo tanto, en su lugar en el ordenamiento.

Podría sugerirse que en caso de algún recorte presupuestal o propuesta de cancelación de títulos de esta colección, se iniciará con los últimos de la lista, con niveles 9, 8 ó 7 y se evitará lo más posible la cancelación de los primeros títulos de la lista que obtuvieron prioridades 1, 2 ó 3. En caso de tener que cancelar algún par de títulos, éstos podrían compararse y cancelar el título que tenga un lugar más bajo en la lista, a menos que ambos tengan la misma prioridad, en ese caso sería indistinto cancelar cualquiera en relación a los otros con distintas prioridades.



## Capítulo 4

# Aplicación del Método ELECTRE II a los conjuntos de títulos por área

En este capítulo se presenta la priorización de cada uno de los títulos de revistas suscritas por la Biblioteca de la Facultad de Ciencias en formato impreso. Para lograr este objetivo se aplicó el Método ELECTRE II a cada uno de los conjuntos de títulos definidos en el Capítulo 1: Actuaría (16 títulos), Biología (157 títulos), Computación (34 títulos), Física (35 títulos) y Matemáticas (47títulos). En el Capítulo 3 se obtuvo la priorización para el conjunto de los 19 títulos multidisciplinarios aplicando explícitamente el Método ELECTRE II.

Como el número de títulos en las áreas definidas es relativamente grande para mostrar cada una de las iteraciones del método, se utilizó el programa ELECPRO desarrollado en 2003 por Sergio Ortiz Rosas en el trabajo de tesis: *Enfoque basado en relaciones de sobreclasificación para la toma de decisiones* para obtener el título de Actuario en la Facultad de Ciencias de la UNAM[6]. Este programa requiere como datos de entrada para la aplicación del Método ELECTRE II: la matriz de calificaciones ( $M$ ), el vector de los pesos ( $w$ ) asignados a cada uno de los criterios y los parámetros para explotar las relaciones de sobreclasificación fuerte y débil ( $u_1, u_2, u_3$  y  $v_1, v_2$ ).

Para cada una de las áreas del conocimiento se consideró como conjunto de alternativas,  $A$ , al conjunto de títulos de revistas impresas suscritas enumeradas como se presenta en el Anexo 1. Se definió, en general, la familia de criterios verdaderos,  $\mathcal{F}$ , y sus respectivos pesos,  $w_j$ , como se muestra en la Tabla 4.1:

Criterio	Descripción	Peso
$g_1$	Costo de la suscripción anual en 2010 en pesos mexicanos.	1
$g_2$	Relevancia del título medido por el factor de impacto del título en 2009, de acuerdo a lo mostrado en el SCR del ISI.	2
$g_3$	Acceso electrónico al título, calculado de acuerdo a su cobertura en las diferentes plataformas suscritas por la UNAM en 2010.	3
$g_4$	Número de suscripciones al título impreso en, 2010, por otras bibliotecas dentro de la Ciudad Universitaria.	1
$g_5$	Número de consultas al título durante 2010, realizadas en la hemeroteca de la Facultad de Ciencias.	4

Tabla 4.1: Los criterios de evaluación y sus pesos.

Para determinar los valores de los parámetros  $u_1, u_2, u_3$  y  $v_1, v_2$  que explotan la relación de sobreclasificación, se ensayaron cinco grupos de valores para cada uno de los conjuntos de títulos. El ordenamiento final se eligió con el grupo de valores que produjo la relación de sobreclasificación con mayor número de niveles de discriminación, o bien con menor número de títulos indiferentes entre sí.

## 4.1. Ordenamiento de los títulos de Actuaría

La matriz de concordancia del conjunto de títulos del Área de Actuaría presenta entradas con valores entre 0.27 y 1.0, por esta razón se propusieron valores de  $u_1, u_2, u_3$  cercanos o iguales a 1.0, lo cual proporciona un argumento “suficientemente fuerte” para aceptar que  $a_k$  es “al menos tan buena” como  $a_l$ . La matriz de discordancia presentó valores entre 0.02 y 1.0 por lo que se consideraron valores  $v_1$  y  $v_2$  menores o iguales a 0.5 considerando este valor el nivel de discordancia máximo tolerado para que la condición de no-discordancia se satisfaga, en otras palabras, que la influencia de los criterios discordantes no sea tan relevante como para rechazar  $a_k S a_l$ .

Mediante un análisis de sensibilidad se ensayaron cinco grupos de valores para estos parámetros. Los ordenamientos obtenidos con estos grupos se presentan en la Tabla 4.2.

$u_1$	1	0.9	0.81	0.63	0.54
$u_2$	0.9	0.81	0.72	0.54	0.45
$u_3$	0.81	0.63	0.63	0.45	0.36
$v_1$	0.5	0.5	0.5	0.41	0.41
$v_2$	0.4	0.41	0.35	0.28	0.33
Nivel 1	$a_4$	$a_4, a_{14}$	$a_4, a_{14}$	$a_4$	$a_4$
Nivel 2	$a_{14}$	$a_2, a_3, a_5, a_6, a_7, a_8,$ $a_9, a_{12}, a_{15}, a_{16}$	$a_{11}$	$a_{14}, a_{16}$	$a_{14}, a_{16}$
Nivel 3	$a_{16}$	$a_{11}$	$a_2, a_3, a_5, a_6, a_7, a_8,$ $a_9, a_{12}, a_{15}, a_{16}$	$a_3, a_7, a_8, a_2, a_9$	$a_3, a_7, a_8, a_2,$ $a_9, a_6, a_{10}$
Nivel 4	$a_3, a_{15}$	$a_{10}, a_{13}$	$a_{10}, a_{13}$	$a_6, a_{10}$	$a_5, a_{11}, a_{13}$
Nivel 5	$a_8, a_9$	$a_1$	$a_1$	$a_5, a_{11}, a_{13}$	$a_1, a_{12}, a_{15}$
Nivel 6	$a_6$			$a_1, a_{12}, a_{15}$	
Nivel 7	$a_{11}$				
Nivel 8	$a_5$				
Nivel 9	$a_7$				
Nivel 10	$a_2$				
Nivel 11	$a_{10}, a_{13}$				
Nivel 12	$a_{12}$				
Nivel 13	$a_1$				

Tabla 4.2: Diferentes ordenamientos de los títulos de Actuaría generados con distintos parámetros.

Los parámetros de concordancia  $u_1= 1$ ,  $u_2= 0.9$ ,  $u_3= 0.81$  y de discordancia  $v_1= 0.5$  y  $v_2= 0.4$  generaron un ordenamiento con 13 niveles de discriminación y sólo 3 situaciones de indiferencia, por lo que se considera el mejor ordenamiento obtenido para este conjunto de títulos.

El mejor ordenamiento obtenido para el conjunto de títulos de Actuaría se presenta en la Tabla 4.3.

Nivel 1	$a_4$	International abstracts in operations research
Nivel 2	$a_{14}$	SIAM review
Nivel 3	$a_{16}$	The Journal of the operational research society
Nivel 4	$a_3$ $a_{15}$	Geneva papers on risk and insurance issues and practice The Journal of the operational research society
Nivel 5	$a_8$ $a_9$	Mathematical finance Mathematical programming
Nivel 6	$a_6$	Journal of optimization theory and applications
Nivel 7	$a_{11}$	Operations research
Nivel 8	$a_5$	Journal of mathematical economics
Nivel 9	$a_7$	Journal of risk and insurance
Nivel 10	$a_2$	Extremes (Boston, Ma.)
Nivel 11	$a_{10}$ $a_{13}$	Modelisation mathematique et analyse numerique R.A.I.R.O. recherche operationnelle
Nivel 12	$a_{12}$	Probability theory and related fields
Nivel 13	$a_1$	Annals of operations research

Tabla 4.3: El mejor ordenamiento obtenido para los títulos de Actuaría.

Nuevamente el título con mayor uso (como se observó en el ejemplo de la Sección 3.3.3) ocupa el primer nivel en prioridad. Podría sugerirse que en caso de algún recorte presupuestal o propuesta de cancelación de títulos de esta colección, se iniciara cancelando los que ocupan los últimos niveles de la lista, es decir los títulos en los niveles 10, 11, 12 ó 13 y se evitara la cancelación de los títulos en los primeros niveles o bien en caso de tener que cancelar algún par de títulos éstos podrían compararse y cancelar el que ocupe un nivel más bajo en la lista, a menos que ambos tengan el mismo nivel, en ese caso sería indistinto cancelar cualquiera en relación a los otros con distintos niveles.

## 4.2. Ordenamiento de los títulos de Biología

Nuevamente haciendo un análisis de sensibilidad se concluyó que los parámetros de concordancia  $u_1 = 1$ ,  $u_2 = 0.9$ ,  $u_3 = 0.8$ , y los parámetros de discordancia:  $v_1 = 0.5$  y  $v_2 = 0.45$ , generaron un ordenamiento con mayor cantidad de niveles de discriminación y menor número de situaciones de indiferencia, por lo que se considera el siguiente ordenamiento como el mejor para el conjunto de títulos.

El Ordenamiento obtenido se muestra en la tabla siguiente:

Nivel 1	<i>a</i> <sub>2</sub>	Agriculture ecosystems and environment
	<i>a</i> <sub>6</sub>	Annals of botany
	<i>a</i> <sub>24</sub>	Cahiers de biologie marine
	<i>a</i> <sub>28</sub>	Cell cycle (Georgetown, Tx.)
	<i>a</i> <sub>33</sub>	Comparative biochemistry and physiology. Toxicology and pharmacology
	<i>a</i> <sub>37</sub>	Developmental neurobiology (Hoboken, N.J.)
	<i>a</i> <sub>40</sub>	Economic botany
	<i>a</i> <sub>41</sub>	EMBO Journal
	<i>a</i> <sub>43</sub>	Environmental and molecular mutagenesis
	<i>a</i> <sub>46</sub>	European journal of lipid science and technology
	<i>a</i> <sub>51</sub>	Experimental and applied acarology
	<i>a</i> <sub>52</sub>	Experimental animals
	<i>a</i> <sub>53</sub>	Experimental cell research
	<i>a</i> <sub>59</sub>	IEEE transactions on biomedical engineering
	<i>a</i> <sub>60</sub>	Index of fungi
	<i>a</i> <sub>61</sub>	International review of cell and molecular biology
	<i>a</i> <sub>65</sub>	Journal of biogeography
	<i>a</i> <sub>69</sub>	Journal of biomedical
	<i>a</i> <sub>76</sub>	Journal of experimental zoology.
	<i>a</i> <sub>78</sub>	Part B, Molecular and developmental evolution
	<i>a</i> <sub>79</sub>	Journal of general physiology
	<i>a</i> <sub>80</sub>	Journal of histochemistry and cytochemistry
	<i>a</i> <sub>81</sub>	Journal of marine research
	<i>a</i> <sub>85</sub>	Journal of mathematical biology
	<i>a</i> <sub>92</sub>	Journal of the American Association for Laboratory Animal Science
	<i>a</i> <sub>94</sub>	Network (Bristol)
	<i>a</i> <sub>96</sub>	North American journal of fisheries management
	<i>a</i> <sub>98</sub>	Novon (Saint Louis, Mo.)
	<i>a</i> <sub>103</sub>	Oecologia (Berlin)
	<i>a</i> <sub>104</sub>	Physiology (Bethesda, Md.)
	<i>a</i> <sub>105</sub>	Phytomorphology
	<i>a</i> <sub>106</sub>	Phyton (Buenos Aires)
	<i>a</i> <sub>109</sub>	Plant biology
	<i>a</i> <sub>113</sub>	Plant science bulletin
	<i>a</i> <sub>125</sub>	RNA (Cambridge)
	<i>a</i> <sub>128</sub>	The Wilson bulletin
<i>a</i> <sub>131</sub>	Tropical ecology	
<i>a</i> <sub>132</sub>	Zoological record (London)	
<i>a</i> <sub>133</sub>	Zoological record. Section 1, Comprehensive zoology	
<i>a</i> <sub>134</sub>	Zoological record. Section 10, Crustacea	
<i>a</i> <sub>135</sub>	Zoological record. Section 12, Arachnida	
<i>a</i> <sub>136</sub>	Zoological record. Section 13A, Insecta: General and smaller orders	
	Zoological record. Section 13B, Coleoptera	

	<i>a</i> <sub>137</sub>	Zoological record. Section 13C, Diptera
	<i>a</i> <sub>138</sub>	Zoological record. Section 13D, Lepidoptera
	<i>a</i> <sub>139</sub>	Zoological record. Section 13E, Hymenoptera
	<i>a</i> <sub>140</sub>	Zoological record. Section 13F, Hemiptera
	<i>a</i> <sub>141</sub>	Zoological record. Section 13F, Hemiptera
	<i>a</i> <sub>142</sub>	Zoological record. Section 15, Pisces
	<i>a</i> <sub>143</sub>	Zoological record. Section 16, Amphibia
	<i>a</i> <sub>144</sub>	Zoological record. Section 17, Reptilia
	<i>a</i> <sub>147</sub>	Zoological record. Section 2, Protozoa
	<i>a</i> <sub>148</sub>	Zoological record. Section 20, List of new generic and subgeneric
	<i>a</i> <sub>149</sub>	Zoological record. Section 3, Porifera
	<i>a</i> <sub>150</sub>	Zoological record. Section 4, Coelenterata
	<i>a</i> <sub>151</sub>	Zoological record. Section 5, Echinodermata
	<i>a</i> <sub>152</sub>	Zoological record. Section 6A, Platyhelminthes and nematoda
	<i>a</i> <sub>153</sub>	Zoological record. Section 6B, Annelida
	<i>a</i> <sub>154</sub>	Zoological record. Section 6C, Conodonts and fossil miscellanea
	<i>a</i> <sub>155</sub>	Zoological record. Section 7, Brachiopoda
	<i>a</i> <sub>156</sub>	Zoological record. Section 8, Bryozoa and entoprocta
	<i>a</i> <sub>157</sub>	Zoological record. Section 9, Mollusca
Nivel 2	<i>a</i> <sub>23</sub>	Bulletin of marine science
Nivel 3	<i>a</i> <sub>13</sub>	Australian journal of zoology
	<i>a</i> <sub>27</sub>	Cell (Cambridge, Ma.)
	<i>a</i> <sub>36</sub>	Criptogamie; algologie
	<i>a</i> <sub>68</sub>	Journal of biomechanics
Nivel 4	<i>a</i> <sub>1</sub>	Acta protozoologica
	<i>a</i> <sub>26</sub>	Canadian journal of soil science
	<i>a</i> <sub>112</sub>	Rivista di biologia
	<i>a</i> <sub>117</sub>	Soil science society of america journal
Nivel 5	<i>a</i> <sub>17</sub>	Biology of the cell
	<i>a</i> <sub>20</sub>	Biophysical journal
Nivel 6	<i>a</i> <sub>66</sub>	Journal of biological education
Nivel 7	<i>a</i> <sub>5</sub>	Amphibia - reptilia
	<i>a</i> <sub>145</sub>	Zoological record. Section 18, Aves
	<i>a</i> <sub>146</sub>	Zoological record. Section 19, Mammalia
Nivel 8	<i>a</i> <sub>71</sub>	Journal of cellular biochemistry
	<i>a</i> <sub>90</sub>	National geographic
	<i>a</i> <sub>93</sub>	Neuron (Cambridge, Ma.)
Nivel 9	<i>a</i> <sub>25</sub>	Canadian entomologist
	<i>a</i> <sub>45</sub>	European journal of histochemistry
	<i>a</i> <sub>107</sub>	Plant cell reports
	<i>a</i> <sub>114</sub>	Soil biology and biochemistry
	<i>a</i> <sub>121</sub>	Taxon
	<i>a</i> <sub>127</sub>	Trends in plant science
	<i>a</i> <sub>129</sub>	Veliger (Berkeley, Ca.)
Nivel 10	<i>a</i> <sub>8</sub>	Annual review of biochemistry
	<i>a</i> <sub>72</sub>	Journal of ecology

Nivel 11	<i>a</i> <sub>22</sub> <i>a</i> <sub>39</sub> <i>a</i> <sub>99</sub> <i>a</i> <sub>124</sub>	Botany (Ottawa) Ecology (Tempe, Az.) Paleobiology The Journal of the Torrey Botanical Society
Nivel 12	<i>a</i> <sub>67</sub> <i>a</i> <sub>95</sub>	Journal of biological rhythms Nova hedwigia
Nivel 13	<i>a</i> <sub>3</sub> <i>a</i> <sub>15</sub> <i>a</i> <sub>16</sub> <i>a</i> <sub>29</sub> <i>a</i> <sub>63</sub> <i>a</i> <sub>77</sub> <i>a</i> <sub>89</sub>	Agroforestry systems Biological rhythm research Biology and philosophy Chronobiology international Journal of animal ecology Journal of fish diseases Molecular biology and evolution
Nivel 14	<i>a</i> <sub>97</sub> <i>a</i> <sub>123</sub>	Nutrition research (New York, N.Y.) The Bulletin of symbolic logic
Nivel 15	<i>a</i> <sub>9</sub> <i>a</i> <sub>11</sub> <i>a</i> <sub>102</sub> <i>a</i> <sub>122</sub>	Annual review of cell and developmental biology Annual review of plant biology Physiological and biochemical zoology The Biological bulletin (Lancaster)
Nivel 16	<i>a</i> <sub>44</sub> <i>a</i> <sub>62</sub> <i>a</i> <sub>82</sub> <i>a</i> <sub>87</sub> <i>a</i> <sub>115</sub>	European journal of cell biology Invertebrate biology Journal of microscopy (Oxford) Marine biology (Berln) Soil science
Nivel 17	<i>a</i> <sub>56</sub> <i>a</i> <sub>4</sub> <i>a</i> <sub>73</sub> <i>a</i> <sub>75</sub>	Herpetologica (Austin, Tx.) American journal of botany Journal of ethnobiology Journal of experimental zoology. Part A, Comparative experimental biology
Nivel 18	<i>a</i> <sub>21</sub> <i>a</i> <sub>118</sub>	Biotropica (Lawrence, Ks.) Systematic biology
Nivel 19	<i>a</i> <sub>32</sub> <i>a</i> <sub>35</sub> <i>a</i> <sub>42</sub> <i>a</i> <sub>126</sub>	Comparative biochemistry and physiology. Part D, Genomics and proteomic Copeia (New York, N.Y.) EMBO reports Theoretical population biology
Nivel 20	<i>a</i> <sub>83</sub> <i>a</i> <sub>120</sub>	Journal of paleontology Systematic entomology
Nivel 21	<i>a</i> <sub>7</sub> <i>a</i> <sub>12</sub> <i>a</i> <sub>19</sub> <i>a</i> <sub>48</sub> <i>a</i> <sub>55</sub> <i>a</i> <sub>84</sub> <i>a</i> <sub>110</sub>	Annals of the Missouri Botanical Garden Applied vegetation science Biometrika European journal of protistology Global ecology and biogeography Journal of plankton research Protist (Jena)
Nivel 22	<i>a</i> <sub>18</sub> <i>a</i> <sub>38</sub> <i>a</i> <sub>130</sub>	Biometrics Diversity and distributions Zoological science (Tokyo)

Nivel 23	$a_{70}$ $a_{100}$ $a_{108}$	Journal of cell science Pedobiologia (Jena) Plant journal
Nivel 24	$a_{34}$ $a_{58}$ $a_{64}$ $a_{74}$ $a_{86}$ $a_{88}$ $a_{116}$	Connective tissue research Human ecology (New York, N.Y.) Journal of applied ecology Journal of eukaryotic microbiology Journal of zoological systematics and evolutionary research Marine mammal science Soil science and plant nutrition
Nivel 25	$a_{31}$	Comparative biochemistry and physiology. Part A, Molecular and integrative physiology.
Nivel 26	$a_{10}$ $a_{14}$ $a_{57}$	Annual review of ecology and systematics Australian systematic botany Herpetological monograph
Nivel 27	$a_{91}$ $a_{101}$ $a_{119}$	Natural history Pharmaceutical biology Systematic botany
Nivel 28	$a_{47}$ $a_{49}$ $a_{54}$	European journal of phycology European journal of soil science Fundamental and applied limnology
Nivel 29	$a_{50}$	Evolution (Lancaster, Pa.)
Nivel 30	$a_{111}$	Rhodora (Cambridge, Ma.)
Nivel 31	$a_{30}$	Comparative biochemistry and physiology. Biochemistry and molecular biology (2000)

En este ordenamiento llama la atención el número de títulos relativamente grande que se encuentran en el primer nivel de prioridad. Es notoria la presencia en este nivel de títulos que no cuentan con versión electrónica, como es el caso de la serie Zoological Record.

### 4.3. Ordenamiento de los títulos de Computación

Realizando también un análisis de sensibilidad sobre los parámetros, se concluyó que los parámetros de concordancia  $u_1 = 1$ ,  $u_2 = 0.9$ ,  $u_3 = 0.85$  con parámetros de discordancia:  $v_1 = 0.5$  y  $v_2 = 0.45$ , generaron un ordenamiento con mayor cantidad de niveles de discriminación y menor número de situaciones de indiferencia, por lo que se considera el siguiente ordenamiento como el mejor para este conjunto de títulos:

Nivel 1	$a_3$ $a_6$	ACM transactions on graphics Artificial intelligence
Nivel 2	$a_{16}$	IEEE Transaction on knowledge and data engineering
Nivel 3	$a_{12}$ $a_{18}$ $a_{20}$	Expert systems with applications IEEE/ACM transactions on networking Journal of biomedical informatics
Nivel 4	$a_{15}$ $a_{21}$	IEEE software Journal of functional programming
Nivel 5	$a_4$	ACM transactions on mathematical software
Nivel 6	$a_{17}$ $a_{30}$ $a_{32}$	Expert systems with applications IEEE/ACM transactions on networking Journal of biomedical informatics
Nivel 7	$a_2$	ACM computing surveys
Nivel 8	$a_1$ $a_{13}$ $a_{19}$ $a_{22}$ $a_{31}$ $a_{34}$	ACM communications in computer algebra IEEE computer graphics and applications ITNow (Oxford) Journal of logic and computation Software engineering notes Theory of computing systems
Nivel 9	$a_{23}$	Journal of the Association for Computing Machinery
Nivel 10	$a_{10}$ $a_{14}$	Computer vision and image understanding IEEE intelligent systems and their applications
Nivel 11	$a_7$	Communications of the ACM
Nivel 12	$a_{11}$ $a_{25}$	Computing reviews Neurocomputing (Amsterdam)
Nivel 13	$a_8$	Computer aided geometric design
Nivel 14	$a_9$ $a_{24}$	Computer journal Journal of visual communication and image representation
Nivel 15	$a_5$	ACM transactions on programming languages and systems
Nivel 16	$a_{33}$	The Visual computer
Nivel 17	$a_{26}$	Operating systems review
Nivel 18	$a_{29}$	SIGMOD record
Nivel 19	$a_{28}$	SIGACT news
Nivel 20	$a_{27}$	PC magazine en español

Nuevamente por ejemplo, en el caso del título *Artificial intelligence* el cual se encuentra en el primer nivel del ordenamiento, se puede observar que el uso de dicho título es de los más altos de este conjunto de títulos y por otro lado el título *PC magazine* en español ocupa el último lugar en el ordenamiento debido al uso nulo que tiene y a que es el título con mayor duplicidad en este conjunto de títulos.

#### 4.4. Ordenamiento de los títulos de Física

Realizando de nuevo un análisis de sensibilidad, se concluyó que los parámetros de concordancia  $u_1 = 1$ ,  $u_2 = 0.9$ ,  $u_3 = 0.81$ ; con parámetros de discordancia:  $v_1 = 0.5$  y  $v_2 = 0.45$ , generaron un ordenamiento con mayor cantidad de niveles de discriminación y menor número de situaciones de indiferencia, por lo que se considera el siguiente ordenamiento como el mejor para este conjunto de títulos:

Nivel 1	$a_3$ $a_6$ $a_8$ $a_{11}$ $a_{17}$ $a_{19}$ $a_{21}$ $a_{24}$ $a_{25}$	Bioacoustics (Berkhamsted) Combustion and flame Contemporary physics Granular matter Journal of physics. Condensed matter Modern physics letters. B Network (Bristol) Physical review. A Physical review. B, Condensed matter and materials physics
Nivel 2	$a_{12}$	Journal of biomechanics
Nivel 3	$a_2$ $a_4$ $a_{33}$	American journal of physics Biophysical journal Reviews of modern physics
Nivel 4	$a_7$	Computational mathematics and mathematical physics
Nivel 5	$a_{10}$ $a_{26}$	European journal of physics Physical review. E, Statistical nonlinear, and soft matter physics
Nivel 6	$a_9$ $a_{27}$ $a_{28}$	Current papers in physics Physics education (Bristol) Physics of fluids (1994)
Nivel 7	$a_{22}$ $a_{34}$	Neuron (Cambridge, Ma.) Reviews of modern physics
Nivel 8	$a_{13}$ $a_{31}$	Journal of fluid mechanics Physics today
Nivel 9	$a_{30}$ $a_{32}$	Physics teacher Reports on progress in physics
Nivel 10	$a_{23}$ $a_{35}$	Physical review letters The Journal of the Acoustical Society of America
Nivel 11	$a_5$ $a_{16}$	Chemical physics Journal of physics. B, Atomic, molecular and optical physics
Nivel 12	$a_{14}$ $a_{20}$	Journal of non-equilibrium thermodynamics Molecular physics
Nivel 13	$a_1$ $a_{15}$	Advances in physics Journal of physics. A, Mathematical and theoretical
Nivel 14	$a_{29}$	Physics of plasmas
Nivel 15	$a_{18}$	Laser focus world

En este ordenamiento se encuentra en el primer nivel de prioridad por ejemplo el título *Bioacoustics (Berkhamsted)* que cuenta con un mejor valor en el criterio de la evaluación del acceso electrónico vigente con respecto al título *Laser focus world* que se encuentra en el último nivel de prioridad, por lo que en este conjunto de títulos el criterio del acceso electrónico resulta preponderante para la priorización de los títulos.

## 4.5. Ordenamiento de los títulos de Matemáticas

Con los parámetros de concordancia  $u_1 = 1$ ,  $u_2 = 0.9$ ,  $u_3 = 0.81$ , con parámetros de discordancia:  $v_1 = 0.5$  y  $v_2 = 0.45$ , se obtuvo el siguiente ordenamiento:

Nivel 1	$a_2$ $a_7$ $a_8$ $a_{18}$ $a_{29}$	Aequationes mathematicae Bulletin, new series, of the American Mathematical Society Complex systems Journal of applied non-classical logics Mathematica (Cluj)
Nivel 2	$a_{27}$	Journal of recreational mathematics
Nivel 3	$a_{33}$	Mathematical reviews
Nivel 4	$a_3$ $a_{37}$ $a_{44}$	Annals of mathematics Micromath (Oxford) The American mathematical monthly
Nivel 5	$a_{46}$	The Mathematics teacher
Nivel 6	$a_{14}$	Historia mathematica
Nivel 7	$a_1$ $a_{11}$ $a_{12}$ $a_{22}$ $a_{41}$ $a_{42}$	Acta mathematica Duke mathematical journal Ergodic theory and dynamical systems Journal of differential geometry Qualitative theory of dynamical systems Revista matematica iberoamericana
Nivel 8	$a_{10}$ $a_{30}$	Computational mathematics and mathematical physics Mathematical gazette
Nivel 9	$a_5$ $a_{43}$	Biometrika Teaching children mathematics
Nivel 10	$a_{15}$	International journal of mathematical education in science and technology
Nivel 11	$a_9$	Complex variables and elliptic equations
Nivel 12	$a_{34}$	Mathematics magazine

Nivel 13	$a_4$	Biometrics	
	$a_{13}$	Finite elements in analysis and design	
	$a_{17}$	Journal of algebraic geometry	
	$a_{20}$	Journal of combinatorial designs	
	$a_{21}$	Journal of combinatorial theory. Series B	
	$a_{24}$	Journal of graph theory	
	$a_{25}$	Journal of mathematical biology	
	$a_{32}$	Mathematical proceedings of the Cambridge Philosophical Society	
	$a_{35}$	Mathematics teaching	
	$a_{36}$	Mathematische zeitschrift	
	$a_{38}$	Nonlinearity (Bristol)	
Nivel 14	$a_{39}$	Pacific journal of mathematics	
	$a_{40}$	PRIMUS (Terre Haute, In.)	
	$a_{45}$	The Mathematica journal	
	$a_6$	Bulletin of the London Mathematical Society	
	$a_{47}$	Transactions of the American Mathematical Society	
	Nivel 15	$a_{16}$	Inventiones mathematicae
		$a_{19}$	Journal of classification
$a_{26}$		Journal of nonlinear science	
$a_{28}$		Journal of symbolic logic	
Nivel 16	$a_{31}$	Mathematical intelligencer (1978)	
Nivel 17	$a_{23}$	Journal of geometry	

Este ordenamiento resulta muy similar al obtenido para el conjunto de títulos de Física, de nuevo el criterio de acceso a la versión electrónica resulta ser determinante para asignar el lugar del título en su nivel de prioridad correspondiente ya que por ejemplo el título *Mathematica (Cluj)* que no cuenta con acceso electrónico vigente se encuentra en el primer nivel de prioridad mientras que el título *Journal of geometry* que se encuentra en el último nivel de prioridad, cuenta con un acceso electrónico parcial, por lo que presenta uno de los peores valores para dicho criterio en este conjunto de títulos.

# Conclusiones

La aplicación de modelos matemáticos a la solución de problemas reales es un trabajo que requiere de la participación de personas con diferentes tipos de formación y experiencia. Difícilmente una única persona puede conocer todos los aspectos y factores que intervienen en un fenómeno administrativo, y conocer también, las técnicas matemáticas para plantear el problema, elegir un modelo y aplicar alguna técnica para hallar la mejor solución.

En un entorno como una biblioteca universitaria existe una gran diversidad de problemas que pueden ser abordados mediante las técnicas de Investigación de Operaciones. Desde sus inicios esta disciplina se aplicó a este sector de la actividad académica, en particular los estudios sobre el desarrollo de colecciones hemerográficas son numerosos y muy variados así como las técnicas y modelos aplicadas en ellos. La ayuda a la toma de decisiones multicriterio es una técnica, que por sus características resultó muy adecuada para el problema del ordenamiento planteado para priorizar las suscripciones a revistas impresas en la biblioteca de la Facultad de Ciencias.

La familia de los métodos ELECTRE y en particular el método ELECTRE II ofrecen la posibilidad de modelar las preferencias del decisor de forma más cercana a la realidad que otros métodos, principalmente por considerar criterios cualitativos en la evaluación; sin embargo su nivel de complejidad limita su aplicación a personas formadas en el área matemática.

El alcance de este trabajo consistió en proponer un ordenamiento de los títulos impresos, de acuerdo a las evaluaciones de los criterios considerados como más importantes; sin embargo en un estudio posterior podría validarse y ajustarse el ordenamiento propuesto para mejorarlo.

Para lograr el ordenamiento propuesto fue necesario considerar diferentes tipos de factores en la biblioteca: operativos como el uso de las revistas, administrativos como el manejo de las suscripciones y sus costos, bibliotecológicos como las características de relevancia de las revistas, informáticos como los accesos a suscripciones en formato electrónico y el uso de las herramientas electrónicas de evaluación de títulos como el *Science Citations Reports*; además de aspectos de modelación matemática en el área de Investigación de Operaciones, en particular de los métodos de ayuda a la toma de decisiones multicriterio, que involucra conceptos de álgebra, relaciones binarias y Teoría de Gráficas.

# Bibliografía

- [1] Kraft D. H., Boyce B. R., Operations Research for Libraries and Information Agencies: Techniques for the Evaluation of Management Decision Alternatives. Academic Press, Inc.,1991.
- [2] Antún Callaba Juan Pablo, Toma de decisiones multicriterio: El enfoque ELECTRE, Instituto de Ingeniería, UNAM.
- [3] Roy B.,Theory and Decision: The outranking approach and the foundations of ELECTRE methods. Springer, Volume 31, Number 1, pág. 49-62.
- [4] Figueira J., Greco S. and Ehrgott M.. Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys. International Series in Operations Research and Management Science, Volume 78, 2005, pág. 1-23.
- [5] Morse Philip M., Library Effectiveness: A Systems Approach, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge Massachusetts, and London, England. The M.I.T. Press.
- [6] Ortiz Rosas Sergio, Enfoque basado en Relaciones de Sobreclasificación para la Toma de Decisiones, Tesis para obtener el título de Actuario, UNAM, 2003.
- [7] Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, Las publicaciones periódicas, Dirección General de Bibliotecas, 1993.
- [8] Encyclopaedia Britannica Online, Operations Research.
- [9] Byrd G.D., Koenig M. E. D., Systematic Serials Selection Analysis in a Small Academic Health Sciences Library, Bulletin of Medical Library Association, Vol. 66, No. 4, Oct. 1978, pág. 397-406.

- [10] Robledo William Angel, Evaluación de alternativas y definición de un proyecto mediante el empleo de un análisis multiobjetivo, UNC, 2000.
- [11] Fernández Barberis Gabriela, Utilización del método ELECTRE IS de ayuda a la decisión multicriterio en la valoración y selección de alternativas de inversión, Universidad San Pablo, Madrid.
- [12] Reisman Arnold, Xu Xiaomei, Operations Research in libraries: A review of 25 years of activity, Case Western Reserve University, Cleveland Ohio, 1993.
- [13] Dirección General de Bibliotecas, Universitaria, “Programa de Racionalización de Recursos (PRR) Primera Etapa (2004-2006)” Biblioteca Universitaria, Nueva Época, Vol.9, No.1, 2006.
- [14] Kraft D. H., Journal Selection Decisions: A Biomedical Operations Research Model, Bulletin of Medical Library Association, Vol. 64, No. 3, pág. 257 y 258.
- [15] López Yepes J., Diccionario Enciclopédico de Ciencias de la Documentación, pág. 552.
- [16] Curcó, M.C. Una Introducción a la Teoría de Gráficas (2a. Ed.). Vínculos Matemáticos. Publicaciones del Departamento de Matemáticas de la Facultad de Ciencias, 1991.

# Anexos

### Anexo 1. Matriz de calificaciones por área del conocimiento.

Alternativa	Título	Área del Conocimiento	Precio M.N.	Factor de Impacto	Evaluación del acceso electrónico vigente	Otras suscripciones impresas en CU	No. de consultas
a <sub>1</sub>	Annals of operations research	Actuaría	50797.67	0.961	3	0	0
a <sub>2</sub>	Extremes (Boston, Ma.)	Actuaría	6697.59		1.5	0	0
a <sub>3</sub>	Geneva papers on risk and insurance Issues and practice	Actuaría	5981.83		0.5	0	0
a <sub>4</sub>	International abstracts in operations research	Actuaría	22500.18		0	0	4
a <sub>5</sub>	Journal of mathematical economics	Actuaría	29513.93	0.471	1	1	0
a <sub>6</sub>	Journal of optimization theory and applications	Actuaría	4612.95	0.996	1	2	0
a <sub>7</sub>	Journal of risk and insurance	Actuaría	8206.92		1.25	0	0
a <sub>8</sub>	Mathematical finance	Actuaría	1611.09	1.214	1.5	0	0
a <sub>9</sub>	Mathematical programming	Actuaría	11112.39	2.048	1.5	1	0
a <sub>10</sub>	Modelisation mathematique et analyse numerique	Actuaría	43678.44	1.483	2.25	0	0
a <sub>11</sub>	Operations research	Actuaría	7532.19	1.576	2.5	2	1
a <sub>12</sub>	Probability theory and related fields	Actuaría	22789.35	1.373	1.5	2	0
a <sub>13</sub>	R.A.I.R.O. recherche operationnelle	Actuaría	8901.20	0.281	2.25	0	0
a <sub>14</sub>	SIAM review	Actuaría	6334.20	3.391	0.5	1	0
a <sub>15</sub>	The Journal of the Operational Research Society	Actuaría	26176.77	1.009	0.5	2	0
a <sub>16</sub>	Wilmott (London)	Actuaría	9556.93		0	0	0

Alternativa	Título	Área del Conocimiento	Precio M.N.	Factor de Impacto	Evaluación del acceso electrónico vigente	Otras suscripciones impresas en CU	No. de consultas
a <sub>1</sub>	Acta protozoologica	Biología	5813.28	0.775	0	0	1
a <sub>2</sub>	Agriculture ecosystems & environment	Biología	41957.19	3.13	1	1	0
a <sub>3</sub>	Agroforestry systems	Biología	21281.67	1.016	0.5	1	0
a <sub>4</sub>	American journal of botany	Biología	8964.27	2.684	1.25	2	1
a <sub>5</sub>	Amphibia - reptilia	Biología	9349.83		0.5	1	3
a <sub>6</sub>	Annals of botany	Biología	17189.64	3.501	1.5	1	2
a <sub>7</sub>	Annals of the Missouri Botanical Garden	Biología	2685.15	1.422	1.25	2	0
a <sub>8</sub>	Annual review of biochemistry	Biología	3346.11	29.875	1.5	2	1
a <sub>9</sub>	Annual review of cell and developmental biology	Biología	3346.11	19.571	1.5	1	0
a <sub>10</sub>	Annual review of ecology and systematics	Biología	3070.71		1.25	3	0
a <sub>11</sub>	Annual review of plant biology	Biología	3450.35	23.46	1.5	2	0
a <sub>12</sub>	Applied vegetation science	Biología	3483.27	1.349	1.25	0	0
a <sub>13</sub>	Australian journal of zoology	Biología	15084.76	0.765	0	0	2
a <sub>14</sub>	Australian systematic botany	Biología	16924.98	1.302	1	9	0
a <sub>15</sub>	Biological rhythm research	Biología	16193.66	0.731	0.5	0	0
a <sub>16</sub>	Biology & philosophy	Biología	10829.28	1.211	0.5	1	0
a <sub>17</sub>	Biology of the cell	Biología	20962.07	3.974	0.25	0	3
a <sub>18</sub>	Biometrics	Biología / Matemáticas	6680.79	1.867	1.5	3	1
a <sub>19</sub>	Biometrika	Biología / Matemáticas	2697.82	1.933	1.25	1	0
a <sub>20</sub>	Biophysical journal	Biología / Física	22142.16	4.39	0.25	2	3
a <sub>21</sub>	Biotropica (Lawrence, Ks.)	Biología	5549.31	2.27	3.5	1	6
a <sub>22</sub>	Botany (Ottawa)	Biología	20305.93		0.725	1	1
a <sub>23</sub>	Bulletin of marine science	Biología	7435.80	1.503	0	2	5
a <sub>24</sub>	Cahiers de biologie marine	Biología	5020.40	0.873	1	1	0
a <sub>25</sub>	Canadian entomologist	Biología	3649.05	0.992	0	1	0
a <sub>26</sub>	Canadian journal of soil science	Biología	5818.10	1	0	0	1
a <sub>27</sub>	Cell (Cambridge, Ma.)	Biología	21302.19	31.152	1	3	12
a <sub>28</sub>	Cell cycle (Georgetown, Tx.)	Biología	41998.50	4.087	1	0	0
a <sub>29</sub>	Chronobiology international	Biología	22765.67	3.987	1.5	0	3
a <sub>30</sub>	Comparative biochemistry and physiology. Biochemistry & molecular biology (2000)	Biología	74400.27		2	1	0
a <sub>31</sub>	Comparative biochemistry and physiology. Part A, Molecular and integrative physiology.	Biología	243737.26	2.196	1	1	0
a <sub>32</sub>	Comparative biochemistry and physiology. Part D, Genomics & proteomics	Biología	0.14	1.758	1	1	0

a <sub>33</sub>	Comparative biochemistry and physiology. Toxicology & pharmacology	Biología	54206.71	2.582	1	1	0
a <sub>34</sub>	Connective tissue research	Biología	48782.57	1.552	1.5	0	0
a <sub>35</sub>	Copeia (New York, N.Y.)	Biología	2822.85	1.044	2	2	2
a <sub>36</sub>	Criptogamie; algologie	Biología	4382.85	0.574	0	1	4
a <sub>37</sub>	Developmental neurobiology (Hoboken, N.J.)	Biología	88013.02	2.732	1	0	0
a <sub>38</sub>	Diversity & distributions	Biología	84050.15	4.224	2.25	2	2
a <sub>39</sub>	Ecology (Tempe, Az.)	Biología	13549.68	4.411	1.25	3	2
a <sub>40</sub>	Economic botany	Biología	3247.38	0.889	1	1	0
a <sub>41</sub>	EMBO Journal	Biología	42700.77	8.993	1	3	0
a <sub>42</sub>	EMBO reports	Biología	27.54	6.907	1	3	0
a <sub>43</sub>	Environmental and molecular mutagenesis	Biología	16551.68	2.868	1	0	0
a <sub>44</sub>	European journal of cell biology	Biología	26851.50	3.314	1.25	1	1
a <sub>45</sub>	European journal of histochemistry	Biología	2863.61	0.886	0	0	0
a <sub>46</sub>	European journal of lipid science and technology	Biología	31300.17	1.831	1	0	0
a <sub>47</sub>	European journal of phycology	Biología	9535.86	1.556	2	0	0
a <sub>48</sub>	European journal of protistology	Biología	11023.85	1.966	1.25	0	0
a <sub>49</sub>	European journal of soil science	Biología	15861.11	2.131	2	1	0
a <sub>50</sub>	Evolution (Lancaster, Pa.)	Biología	12379.23	5.429	3.25	3	1
a <sub>51</sub>	Experimental & applied acarology	Biología	34256.59	1.391	1	1	0
a <sub>52</sub>	Experimental animals	Biología	4211.97	0.784	0	1	0
a <sub>53</sub>	Experimental cell research	Biología	85690.71	3.589	1	2	0
a <sub>54</sub>	Fundamental and applied limnology	Biología	8480.53	0.989	2	0	0
a <sub>55</sub>	Global ecology and biogeography	Biología	84050.15	5.913	1.25	2	0
a <sub>56</sub>	Herpetologica (Austin, Tx.)	Biología	5714.55	1.245	1.725	1	3
a <sub>57</sub>	Herpetological monograph	Biología	27.54	1.9	1.725	1	0
a <sub>58</sub>	Human ecology (New York, N.Y.)	Biología	20411.82		2.5	3	2
a <sub>59</sub>	IEEE transactions on biomedical engineering	Biología	21383.16	2.154	1	2	0
a <sub>60</sub>	Index of fungi	Biología	8275.77		0	0	0
a <sub>61</sub>	International review of cell and molecular biology	Biología	22573.30		0	0	0
a <sub>62</sub>	Invertebrate biology	Biología	3882.73	1.324	1.5	1	2
a <sub>63</sub>	Journal of animal ecology	Biología	17814.94	3.714	0.5	2	0
a <sub>64</sub>	Journal of applied ecology	Biología	17814.94	4.197	1.5	1	0
a <sub>65</sub>	Journal of biogeography	Biología	84050.15	4.087	1.5	2	2
a <sub>66</sub>	Journal of biological education	Biología	2859.89	0.36	1	1	7
a <sub>67</sub>	Journal of biological rhythms	Biología	15062.45	4.418	1	2	1

a <sub>68</sub>	Journal of biomechanics	Biología / Física	59183.46	2.657	1	0	26
a <sub>69</sub>	Journal of biomedical informatics	Biología / Computación	11622.98	2.432	1	2	0
a <sub>70</sub>	Journal of cell science	Biología	41103.45	6.144	2	1	1
a <sub>71</sub>	Journal of cellular biochemistry	Biología	144913.00	2.935	1	1	3
a <sub>72</sub>	Journal of ecology	Biología	18753.91	4.69	1.5	2	4
a <sub>73</sub>	Journal of ethnobiology	Biología	1317.24		1	2	1
a <sub>74</sub>	Journal of eukaryotic microbiology	Biología	5733.55	2.355	2	2	1
a <sub>75</sub>	Journal of experimental zoology. Part A, Comparative experimental biology	Biología	129392.15		1	1	1
a <sub>76</sub>	Journal of experimental zoology. Part B, Molecular and developmental evolution	Biología	93291.75	2.938	1	1	0
a <sub>77</sub>	Journal of fish diseases	Biología	32077.22	1.697	1.5	0	3
a <sub>78</sub>	Journal of general physiology	Biología	34562.70	4.26	1	3	0
a <sub>79</sub>	Journal of histochemistry and cytochemistry	Biología	17332.71	2.372	1	2	0
a <sub>80</sub>	Journal of marine research	Biología	25761.33	1.556	1	1	0
a <sub>81</sub>	Journal of mathematical biology	Biología / Matemáticas	27319.68	1.695	1	1	0
a <sub>82</sub>	Journal of microscopy (Oxford)	Biología	20589.45	1.612	1.5	1	2
a <sub>83</sub>	Journal of paleontology	Biología	83510.49	1.096	2	1	4
a <sub>84</sub>	Journal of plankton research	Biología	3837.29	1.612	1.25	1	0
a <sub>85</sub>	Journal of the American Association for Laboratory Animal Science	Biología	3580.20	0.95	0	1	0
a <sub>86</sub>	Journal of zoological systematics and evolutionary research	Biología	1671.95	1.85	1.5	0	0
a <sub>87</sub>	Marine biology (Berlín)	Biología	4329.84	1.999	1.5	0	2
a <sub>88</sub>	Marine mammal science	Biología	4533.36	1.526	1.5	1	0
a <sub>89</sub>	Molecular biology and evolution	Biología	121412.84	9.872	1.5	2	3
a <sub>90</sub>	National geographic	Biología	509.49		0.825	5	9
a <sub>91</sub>	Natural history	Biología	40854.49	0.139	2	3	1
a <sub>92</sub>	Network (Bristol)	Biología / Física	40700.95		1	0	0
a <sub>93</sub>	Neuron (Cambridge, Ma.)	Biología / Física	3391.69	13.26	1	2	1
a <sub>94</sub>	North American journal of fisheries management	Biología	2175.66	1.073	1	2	0
a <sub>95</sub>	Nova hedwigia	Biología	13232.97	0.763	1	1	2
a <sub>96</sub>	Novon (Saint Louis, Mo.)	Biología	27.54	0.252	1	1	0
a <sub>97</sub>	Nutrition research (New York, N.Y.)	Biología	32611.77	1.197	1	0	1

a <sub>98</sub>	Oecologia (Berlin)	Biología	95361.66	3.129	1	2	0
a <sub>99</sub>	Paleobiology	Biología	2822.85	2.985	1.25	1	2
a <sub>100</sub>	Pedobiología (Jena)	Biología	9640.79	2.414	2	0	1
a <sub>101</sub>	Pharmaceutical biology	Biología	42954.14	0.672	1.5	1	0
a <sub>102</sub>	Physiological and biochemical zoology	Biología	10244.88	2.19	0.725	0	0
a <sub>103</sub>	Physiology (Bethesda, Md.)	Biología	4871.28	6.945	1	1	0
a <sub>104</sub>	Phytomorphology	Biología	1721.25		0	1	0
a <sub>105</sub>	Phyton (Buenos Aires)	Biología	1372.59	0.171	0	2	0
a <sub>106</sub>	Plant biology	Biología	14045.40	2.223	1	1	0
a <sub>107</sub>	Plant cell reports	Biología	40185.82	2.301	1	0	2
a <sub>108</sub>	Plant journal	Biología	63367.47	6.946	1.5	0	0
a <sub>109</sub>	Plant science bulletin	Biología	27.54		0	2	0
a <sub>110</sub>	Protist (Jena)	Biología	13164.26	3.853	1.25	0	0
a <sub>111</sub>	Rhodora (Cambridge, Ma.)	Biología	1583.55	0.2	2	1	0
a <sub>112</sub>	Rivista di biologia	Biología	2488.79	0.462	0	0	2
a <sub>113</sub>	RNA (Cambridge)	Biología	17708.22		1	0	0
a <sub>114</sub>	Soil biology and biochemistry	Biología	43940.07	2.978	1	1	2
a <sub>115</sub>	Soil science	Biología	10644.21	0.974	1	2	1
a <sub>116</sub>	Soil science and plant nutrition	Biología	7697.43	0.989	1.5	0	0
a <sub>117</sub>	Soil science society of america journal	Biología	9776.70	2.179	1	2	11
a <sub>118</sub>	Systematic biology	Biología	3679.76	8.48	3.5	1	4
a <sub>119</sub>	Systematic botany	Biología	2643.84	1.697	2.5	1	1
a <sub>120</sub>	Systematic entomology	Biología	21596.32	2.467	1.5	1	1
a <sub>121</sub>	Taxon	Biología	14334.57	2.747	1	1	2
a <sub>122</sub>	The Biological bulletin (Lancaster)	Biología	6540.75	1.942	2	1	4
a <sub>123</sub>	The Bulletin of symbolic logic	Biología	27.54	0.694	0.25	4	0
a <sub>124</sub>	The Journal of the Torrey Botanical Society	Biología	2033.00	0.7	0.25	1	0
a <sub>125</sub>	The Wilson bulletin	Biología	828.82		1	0	0
a <sub>126</sub>	Theoretical population biology	Biología	18038.70	1.776	1	0	0
a <sub>127</sub>	Trends in plant science	Biología	27497.86	9.883	1	0	1
a <sub>128</sub>	Tropical ecology	Biología	1996.65		0	0	0
a <sub>129</sub>	Veliger (Berkeley, Ca.)	Biología	1624.86	0.304	0	1	0
a <sub>130</sub>	Zoological science (Tokyo)	Biología	9739.80	0.821	1.25	1	1
a <sub>131</sub>	Zoological record (London)	Biología	136974.46		0	0	0
a <sub>132</sub>	Zoological record. Section 1, Comprehensive zoology	Biología	0.14		0	0	0
a <sub>133</sub>	Zoological record. Section 10, Crustacea	Biología	0.14		0	0	0
a <sub>134</sub>	Zoological record. Section 12, Arachnida	Biología	0.14		0	0	0
a <sub>135</sub>	Zoological record. Section 13A, Insecta: General and smaller orders	Biología	0.14		0	0	0
a <sub>136</sub>	Zoological record. Section 13B, Coleoptera	Biología	0.00		0	0	0

a <sub>137</sub>	Zoological record. Section 13C, Diptera	Biología	0.14	0	0	0
a <sub>138</sub>	Zoological record. Section 13D, Lepidoptera	Biología	0.14	0	0	0
a <sub>139</sub>	Zoological record. Section 13E, Hymenoptera	Biología	0.14	0	0	0
a <sub>140</sub>	Zoological record. Section 13F, Hemiptera	Biología	0.14	0	0	0
a <sub>141</sub>	Zoological record. Section 14, Protochordata	Biología	0.14	0	0	0
a <sub>142</sub>	Zoological record. Section 15, Pisces	Biología	0.14	0	0	0
a <sub>143</sub>	Zoological record. Section 16, Amphibia	Biología	0.14	0	0	0
a <sub>144</sub>	Zoological record. Section 17, Reptilia	Biología	0.14	0	0	0
a <sub>145</sub>	Zoological record. Section 18, Aves	Biología	0.14	0	0	1
a <sub>146</sub>	Zoological record. Section 19, Mammalia	Biología	0.14	0	0	1
a <sub>147</sub>	Zoological record. Section 2, Protozoa	Biología	0.14	0	0	0
a <sub>148</sub>	Zoological record. Section 20, List of new generic and subgeneric	Biología	0.14	0	0	0
a <sub>149</sub>	Zoological record. Section 3, Porifera	Biología	0.14	0	0	0
a <sub>150</sub>	Zoological record. Section 4, Coelenterata	Biología	0.14	0	0	0
a <sub>151</sub>	Zoological record. Section 5, Echinodermata	Biología	0.14	0	0	0
a <sub>152</sub>	Zoological record. Section 6A, Platyhelminthes and nematoda	Biología	0.14	0	0	0
a <sub>153</sub>	Zoological record. Section 6B, Annelida	Biología	0.14	0	0	0
a <sub>154</sub>	Zoological record. Section 6C, Conodonts and fossil miscellanea	Biología	0.14	0	0	0
a <sub>155</sub>	Zoological record. Section 7, Brachiopoda	Biología	0.14	0	0	0
a <sub>156</sub>	Zoological record. Section 8, Bryozoa and entoprocta	Biología	0.14	0	0	0
a <sub>157</sub>	Zoological record. Section 9, Mollusca	Biología	0.14	0	0	0

Alternativa	Título	Área del Conocimiento	Precio M.N.	Factor de Impacto	Evaluación del acceso electrónico vigente	Otras suscripciones impresas en CU	No. de consultas
a <sub>1</sub>	ACM communications in computer algebra	Computación	481.95		0	1	0
a <sub>2</sub>	ACM computing surveys	Computación	2754.00	7.667	2	1	0
a <sub>3</sub>	ACM transactions on graphics	Computación	2891.70	3.619	1	1	0
a <sub>4</sub>	ACM transactions on mathematical software	Computación	2877.93	1.904	1	1	0
a <sub>5</sub>	ACM transactions on programming languages and systems	Computación	3649.05	0.867	1	1	0
a <sub>6</sub>	Artificial intelligence	Computación	38542.23	3.036	1	1	2
a <sub>7</sub>	Communications of the ACM	Computación	2946.78	2.346	2	4	0
a <sub>8</sub>	Computer aided geometric design	Computación	14238.32	1.33	1	1	0
a <sub>9</sub>	Computer journal	Computación	20966.89	1.394	1	2	0
a <sub>10</sub>	Computer vision and image understanding	Computación	22010.52	1.676	1	1	0
a <sub>11</sub>	Computing reviews	Computación	3649.05		0	3	0
a <sub>12</sub>	Expert systems with applications	Computación	43586.32	2.908	1	0	0
a <sub>13</sub>	IEEE computer graphics and applications	Computación	14352.06	1.759	1	2	0
a <sub>14</sub>	IEEE intelligent systems & their applications	Computación	13244.26		0.25	0	0
a <sub>15</sub>	IEEE software	Computación	13960.16	2.039	1	0	0
a <sub>16</sub>	IEEE Transaction on knowledge and data engineering	Computación	19329.36	2.285	1	0	0
a <sub>17</sub>	IEEE transactions on computers	Computación	29718.96	1.822	1	1	0
a <sub>18</sub>	IEEE/ACM transactions on networking	Computación	11382.83	2.051	1	1	0
a <sub>19</sub>	ITNow (Oxford)	Computación	3494.55		0	0	0
a <sub>20</sub>	Journal of biomedical informatics	Biología / Computación	11622.98	2.432	1	2	0
a <sub>21</sub>	Journal of functional programming	Computación	7793.82	1.474	0	1	0
a <sub>22</sub>	Journal of logic and computation	Computación	2272.05	0.789	1	1	1
a <sub>23</sub>	Journal of the Association for Computing Machinery	Computación	12710.40	2.717	2	3	0
a <sub>24</sub>	Journal of visual communication and image representation	Computación	17713.45	1.326	1	0	0
a <sub>25</sub>	Neurocomputing (Amsterdam)	Computación	23163.48	1.44	1	0	0
a <sub>26</sub>	Operating systems review	Computación	344.25		1	1	0
a <sub>27</sub>	PC magazine en español	Computación	336.00		2	4	0
a <sub>28</sub>	SIGACT news	Computación	457.71		1	1	0
a <sub>29</sub>	SIGMOD record	Computación	781.72	0.642	1	2	0
a <sub>30</sub>	Simulation (San Diego, Ca.)	Computación	13859.23	0.448	0	2	0
a <sub>31</sub>	Software engineering notes	Computación	578.34		0	2	0

a <sub>32</sub>	The AI magazine	Computación	4088.31	1.018	1	1	1
a <sub>33</sub>	The Visual computer	Computación	21890.58	0.786	1	0	0
a <sub>34</sub>	Theory of computing systems	Computación	16164.19	0.726	0.5	1	0

Alternativa	Título	Área del Conocimiento	Precio M.N.	Factor de Impacto	Evaluación del acceso electrónico vigente	Otras suscripciones impresas en CU	No. de consultas
a <sub>1</sub>	Advances in physics	Física	69556.81	19.632	3	1	0
a <sub>2</sub>	American journal of physics	Física	10375.01	0.779	1	3	21
a <sub>3</sub>	Bioacoustics (Berkhamsted)	Física	5410.10		1	0	0
a <sub>4</sub>	Biophysical journal	Biología / Física	22142.16	4.39	0.25	2	3
a <sub>5</sub>	Chemical physics	Física	131117.94	2.277	1	1	1
a <sub>6</sub>	Combustion and flame	Física	31671.00	2.923	1	1	0
a <sub>7</sub>	Computational mathematics and mathematical physics	Física / Matemáticas	80690.55		0	0	1
a <sub>8</sub>	Contemporary physics	Física	17135.53	2.789	1.5	1	0
a <sub>9</sub>	Current papers in physics	Física	29068.47		0	0	0
a <sub>10</sub>	European journal of physics	Física	15013.29	0.741	1	1	5
a <sub>11</sub>	Granular matter	Física	9089.71		1.5	0	0
a <sub>12</sub>	Journal of biomechanics	Biología / Física	59183.46	2.657	1	0	26
a <sub>13</sub>	Journal of fluid mechanics	Física	55630.80	2.283	1	2	3
a <sub>14</sub>	Journal of non-equilibrium thermodynamics	Física	16555.67	1.227	2	0	1
a <sub>15</sub>	Journal of physics. A, Mathematical and theoretical	Física	71741.70	1.577	1	3	1
a <sub>16</sub>	Journal of physics. B, Atomic, molecular and optical physics	Física	137080.35	1.91	1	2	2
a <sub>17</sub>	Journal of physics. Condensed matter	Física	16701.63	1.964	1	2	0
a <sub>18</sub>	Laser focus world	Física	98971.46	0.203	2	0	0
a <sub>19</sub>	Modern physics letters. B	Física	10945.22	0.512	1.5	2	0
a <sub>20</sub>	Molecular physics	Física	1060.29	1.634	1.25	1	0
a <sub>21</sub>	Network (Bristol)	Biología / Física	40700.95		1	0	0
a <sub>22</sub>	Neuron (Cambridge, Ma.)	Biología / Física	3391.69	13.26	1	2	1
a <sub>23</sub>	Physical review letters	Física	45456.70	7.328	2	2	2
a <sub>24</sub>	Physical review. A	Física	33329.87	2.866	1	3	0
a <sub>25</sub>	Physical review. B, Condensed matter and materials physics	Física	94894.03	3.475	1	2	0
a <sub>26</sub>	Physical review. E, Statistical nonlinear, and soft matter physics	Física	43816.14	2.4	1	1	3
a <sub>27</sub>	Physics education (Bristol)	Física	3304.80		1	2	6
a <sub>28</sub>	Physics of fluids (1994)	Física	40153.18	1.638	1.5	1	4
a <sub>29</sub>	Physics of plasmas	Física	46832.87	2.475	1.5	1	0
a <sub>30</sub>	Physics teacher	Física	6526.98		1	3	21
a <sub>31</sub>	Physics today	Física	7401.65	4.437	1.825	5	9
a <sub>32</sub>	Reports on progress in physics	Física	3373.65	11.444	1	1	0
a <sub>33</sub>	Reviews of modern physics	Física	7878.09	33.145	1	3	3
a <sub>34</sub>	The Journal of chemical physics	Física	143949.65	3.093	0.5	3	3
a <sub>35</sub>	The Journal of the Acoustical Society of America	Física	28159.65	1.523	1.5	2	3

Alternativa	Título	Área del Conocimiento	Precio M.N.	Factor de Impacto	Evaluación del acceso electrónico vigente	Otras suscripciones impresas en CU	No. de consultas
a <sub>1</sub>	American scientist	General	1321.92	0.911	2	2	1
a <sub>2</sub>	Annals of the New York Academy of Sciences	General	69318.18	2.67	2.5	1	0
a <sub>3</sub>	British journal for the history of science	General	4048.38		2	3	3
a <sub>4</sub>	Ciencia y desarrollo [acervos del 2001 a la fecha]	General	180.00		0	12	12
a <sub>5</sub>	Discover (Chicago, Il.)	General	660.96		2.25	2	0
a <sub>6</sub>	Enseñanza de las ciencias	General	1428.33		1	3	5
a <sub>7</sub>	IEEE transactions on education	General	4928.97	0.822	1	0	0
a <sub>8</sub>	International journal of science education	General	42940.23		1.5	1	10
a <sub>9</sub>	Investigación y ciencia	General	2211.60		0	4	67
a <sub>10</sub>	La Recherche (Paris, 1970)	General	2786.63		0	4	0
a <sub>11</sub>	Nature (London) [acervos del 2001 a la fecha]	General	11812.46	34.48	2.5	11	21
a <sub>12</sub>	New Scientist (1971)[acervos del 2001 a la fecha]	General	0.01	0.333	1.5	4	2
a <sub>13</sub>	Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America	General	70929.27	9.432	2.25	7	6
a <sub>14</sub>	Revista latinoamericana de estudios educativos	General	180.00		0.25	6	0
a <sub>15</sub>	Science (Washington, D.C.) [acervos del 2001 a la fecha]	General	17309.44	29.747	1.825	12	22
a <sub>16</sub>	Science & education	General	13192.35		1.5	2	3
a <sub>17</sub>	Scientific american [acervos del 2001 a la fecha]	General	674.73	2.471	2.25	12	28
a <sub>18</sub>	The journal of experimental education	General	2740.23		1	2	2
a <sub>19</sub>	The Science teacher (Washington, D.C.)	General	2189.43		1.25	1	1

Alternativa	Título	Área del Conocimiento	Precio M.N.	Factor de Impacto	Evaluación del acceso electrónico vigente	Otras suscripciones impresas en CU	No. de consultas
a <sub>1</sub>	Acta mathematica	Matemáticas	6364.22	2.619	1	1	2
a <sub>2</sub>	Aequationes mathematicae	Matemáticas	18222.80		1	1	0
a <sub>3</sub>	Annals of mathematics	Matemáticas	5989.95	4.174	0.25	1	1
a <sub>4</sub>	Biometrics	Biología / Matemáticas	6680.79	1.867	1.5	3	1
a <sub>5</sub>	Biometrika	Biología / Matemáticas	2697.82	1.933	1.25	1	0
a <sub>6</sub>	Bulletin of the London Mathematical Society	Matemáticas	8220.69	0.757	1.25	1	0
a <sub>7</sub>	Bulletin, new series, of the American Mathematical Society	Matemáticas	6920.66		1	2	0
a <sub>8</sub>	Complex systems	Matemáticas	5033.62		0	1	0
a <sub>9</sub>	Complex variables and elliptic equations	Matemáticas	60951.94		0.5	0	0
a <sub>10</sub>	Computational mathematics and mathematical physics	Física / Matemáticas	80690.55		0	0	1
a <sub>11</sub>	Duke mathematical journal	Matemáticas	25130.25	1.758	0	1	0
a <sub>12</sub>	Ergodic theory and dynamical systems	Matemáticas	18575.73	0.822	0	2	0
a <sub>13</sub>	Finite elements in analysis and design	Matemáticas	29365.21	1.262	1	0	0
a <sub>14</sub>	Historia mathematica	Matemáticas	5425.38	0.367	1	1	7
a <sub>15</sub>	International journal of mathematical education in science and technology	Matemáticas	24760.94		1.25	0	3
a <sub>16</sub>	Inventiones mathematicae	Matemáticas	50072.81	2.794	1.5	1	0
a <sub>17</sub>	Journal of algebraic geometry	Matemáticas	5026.05	1.543	1	1	0
a <sub>18</sub>	Journal of applied non-classical logics	Matemáticas	7934.27		0	1	0
a <sub>19</sub>	Journal of classification	Matemáticas	6655.73	1.286	1.5	0	0
a <sub>20</sub>	Journal of combinatorial designs	Matemáticas	29949.75	0.709	1	2	0
a <sub>21</sub>	Journal of combinatorial theory, Series B	Matemáticas	21054.33	1.155	1	1	0
a <sub>22</sub>	Journal of differential geometry	Matemáticas	14743.54	1.239	0	1	0
a <sub>23</sub>	Journal of geometry	Matemáticas	13061.81		1.5	1	0
a <sub>24</sub>	Journal of graph theory	Matemáticas	43999.42	0.662	1	2	3
a <sub>25</sub>	Journal of mathematical biology	Biología / Matemáticas	27319.68	1.695	1	1	0
a <sub>26</sub>	Journal of nonlinear science	Matemáticas	39142.05	1.816	1.5	1	0
a <sub>27</sub>	Journal of recreational mathematics	Matemáticas	5641.29		0	0	41
a <sub>28</sub>	Journal of symbolic logic	Matemáticas	2754.00	0.631	1.25	4	0
a <sub>29</sub>	Mathematica (Cluj)	Matemáticas	16379.83		0	0	0
a <sub>30</sub>	Mathematical gazette	Matemáticas	1826.59		0.25	1	1
a <sub>31</sub>	Mathematical intelligencer (1978)	Matemáticas	11580.57	0.483	1.5	3	0

a <sub>32</sub>	Mathematical proceedings of the Cambridge Philosophical Society	Matemáticas	10517.66	0.598	1	1	0
a <sub>33</sub>	Mathematical reviews	Matemáticas	2974.32		0	1	17
a <sub>34</sub>	Mathematics magazine	Matemáticas	2226.61		1.25	1	2
a <sub>35</sub>	Mathematics teaching	Matemáticas	49246.48		1	0	0
a <sub>36</sub>	Mathematische zeitschrift	Matemáticas	0.14	0.895	1	1	0
a <sub>37</sub>	Micromath (Oxford)	Matemáticas	22253.42		0.25	0	0
a <sub>38</sub>	Nonlinearity (Bristol)	Matemáticas	19602.00	1.258	1	2	0
a <sub>39</sub>	Pacific journal of mathematics	Matemáticas	7031.10	0.576	1	1	0
a <sub>40</sub>	PRIMUS (Terre Haute, In.)	Matemáticas	4599.18		1	0	0
a <sub>41</sub>	Qualitative theory of dynamical systems	Matemáticas	3994.68		0	0	0
a <sub>42</sub>	Revista matematica iberoamericana	Matemáticas	5422.21	0.687	0	0	0
a <sub>43</sub>	Teaching children mathematics	Matemáticas	2087.26		0.25	0	0
a <sub>44</sub>	The American mathematical monthly	Matemáticas	5163.75	0.339	0.25	2	5
a <sub>45</sub>	The Mathematica journal	Matemáticas	3276.30		1	1	0
a <sub>46</sub>	The Mathematics teacher	Matemáticas	1964.84		0.25	1	10
a <sub>47</sub>	Transactions of the American Mathematical Society	Matemáticas	28077.03	1.06	1.25	2	0

Anexo 2. Acceso a versiones electrónicas en 2010 y evaluación del criterio g.

TITULO	Cobertura	Evaluación del acceso electrónico vigente	EBSCO	SPRINGER	PROQUEST	EJS	ELSEVIER	JSTORE	WILEY	METAPRESS	SIAM	ACM	INGENTA	TAYLOR	HW	WILSON	AIP	OUP	BIOONE	ANNUAL REVIEWS	CSIRO	CUP	AMS	SNE	LIEBERT
ACM communications in computer algebra	Ninguna	0																							
ACM computing surveys	Total	2	1969-									1969-													
ACM transactions on graphics	Parcial inicial	1	1986-																						
ACM transactions on mathematical software	Total	1										1975-													
ACM transactions on programming languages and systems	Total	1										1979-													
Acta mathematica	Total	1		1883-																					
Acta protozoologica	Ninguna	0																							
Advances in physics	Total	3	1975-										1953-	1997-											
Aequationes mathematicae	Parcial inicial	1		1997-																					
Agriculture ecosystems & environment	Parcial inicial	1					1983-																		
Agroforestry systems	Parcial inicial	0.5	2008-12	1997-12																					
American journal of botany	Parcial inicial	1.25						1914-1999							1998-										
American journal of physics	Total	1																1933-							
American scientist	Parcial inicial	2	1984-		1995-																				
Amphibia - reptilia	Parcial inicial y final	0.5	1999-12											1999-12											
Annals of botany	Parcial inicial	1.5					1993-2011															1996-			
Annals of mathematics	Parcial final	0.25						1884-1999																	
Annals of operations research	Total	3	1984-	1997-	1999-																				
Annals of the Missouri Botanical Garden	Total	1.25						1914-2005																	2007-
Annals of the New York Academy of Sciences	Parcial inicial	2.5	2006-12						1996-						1998-										
Annual review of biochemistry	Parcial final	1.5	1997-12		1998-12												NS								1996-
Annual review of cell and developmental biology	Parcial inicial y final	1.5	1996-12		1997-2005												NS								1996-
Annual review of ecology and systematics	Parcial final	1.25	1970-2002					1970-1999											1970-2000						1996-
Annual review of plant biology	Parcial inicial y final	1.5	1996-12		1998-12																				1996-
Applied vegetation science	Parcial inicial	1.25	2001-2004							NS															2002-
Artificial intelligence	Parcial inicial	1					1997-																		
Australian journal of zoology	Ninguna	0																							
Australian systematic botany	Parcial inicial	1																							1997-
Bioacoustics (Berkhamsted)	Parcial inicial	1	2007-																						
Biological rhythm research	Parcial final	0.5	1997-12												1970-12										
Biology & philosophy	Parcial inicial y final	0.5	2009-12	1997-12																					
Biology of the cell	Parcial inicial y final	0.25					1988-2004																		
Biometrics	Parcial inicial y final	1.5	2003-12		1998-2002			1947-2002	2004-																
Biometrika	Parcial inicial	1.25						1901-1999											1996-						
Biophysical journal	Parcial inicial y final	0.25			1999-2008																				
Biotropica (Lawrence, Ks.)	Parcial inicial	3.5	2005-12			2005-		1969-1999	2005-																2000-
Botany (Ottawa)	Parcial inicial y final	0.725	2008-6																						
British journal for the history of science	Parcial inicial	2			1999-																				1997-
Bulletin of marine science	Ninguna	0																							
Bulletin of the London Mathematical Society	Parcial inicial	1.25																	1996-						2001-2006

















TITULO	INFORMSJOURNALS	EASI	NATURE	UIB	IOP	IEEE	SAGE	BIOLOGISTS	ROCKEFELLER	HISTO&CYTO	DEGRUYTER	WORLDSCIENTIFIC	SWETS	EDP SCIENCES	OVID	SCIENCE	PACIFIC JOURNAL OF MATH	APHYSICAL	APS	Redalyc	SYNERGY	WOLFRAM	J.STAGE
Journal of the American Association for Laboratory Animal Science																							
Journal of the Association for Computing Machinery																							
Journal of visual communication and image representation																							
Journal of zoological systematics and evolutionary research																							
La Recherche (Paris, 1970)																							
Laser focus world																							
Marine biology (Berlin)																							
Marine mammal science																							
Mathematica (Cluj)																							
Mathematical finance																							
Mathematical gazette																							
Mathematical intelligencer (1978)																							
Mathematical proceedings of the Cambridge Philosophical Society																							
Mathematical programming																							
Mathematical reviews																							
Mathematics magazine																							
Mathematics teaching																							
Mathematische zeitschrift																							
Micromath (Oxford)																							
Modelisation mathematique et analyse numerique													1999-2008	1999-									
Modern physics letters. B												2001-											
Molecular biology and evolution																							
Molecular physics																							
National geographic																							
Natural history																							
Nature (London) [acervos del 2001 a la fecha]			1997-													1995-							
Network (Bristol)																							
Neurocomputing (Amsterdam)																							
Neuron (Cambridge, Ma.)																							
New Scientist (1971)[acervos del 2001 a la fecha]																1990-							
Nonlinearity (Bristol)					1995-																		
North American journal of fisheries management																							
Nova hedwigia																							
Novon (Saint Louis, Mo.)																							
Nutrition research (New York, N.Y.)																							
Oecologia (Berlin)																							
Operating systems review																							
Operations research	2000-																						
Pacific journal of mathematics																	1997-						











