

# Indice de contenidos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ENTRE RÍOS  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CENTRO DE MEDICINA  
BIBLIOTECA

Prefacio	xvii
Agradecimientos	xix
Notas para los lectores	xx
Notas importantes del traductor	xiii

8306

1. INTRODUCCION .....	1
1.1. Una introducción al libro	1
1.2. Bases de conocimiento	3
1.3. Sistemas de base de conocimiento	6
1.4. Desarrollos actuales en los componentes de los SBC	7
1.5. Integración de conceptos y técnicas de tecnología de bases de datos, lógica formal, trabajo con sistemas expertos e investigación del procesamiento del lenguaje natural	8
2. CONOCIMIENTO, REPRESENTACION DEL CONOCIMIENTO Y PERSPECTIVAS DEL UNIVERSO .....	13
2.1. Conocimiento	13
2.1.1. Definición de conocimiento	13
2.1.2. Datos	14
2.1.3. Información	15
2.1.4. Algunas consideraciones filosóficas	16
2.2. Formalismos de representación del conocimiento	17
2.2.1. Representación del conocimiento en el lenguaje natural	17
2.2.2. Representación del conocimiento en el procesamiento de datos y en los sistemas de base de datos convencionales	18
2.2.3. Representación del conocimiento empleando lenguajes de lógica formal	28
2.2.4. Construcción de un analizador sintáctico para un lenguaje de lógica proposicional	34
2.2.5. Representación del conocimiento en sistemas basados en reglas de producción	42
2.2.6. Representación del conocimiento en los sistemas de ranura y relleno	45

2.2.7.	Representación del conocimiento en el enfoque funcional	45
2.2.8.	Representación del conocimiento en lenguajes de programación	48
2.3.	Perspectivas del universo	49
3.	CONCEPTOS DE BASES DE DATOS	53
3.1.	Introducción	53
3.2.	¿Qué es una base de datos?	53
3.3.	Sistemas de bases de datos	55
3.3.1.	¿Qué es un sistema de bases de datos?	55
3.3.2.	Arquitectura funcional de los sistemas de bases de datos	55
3.3.3.	El esquema conceptual	56
3.3.4.	Esquema (o logicial) de la base de datos	58
3.3.5.	Esquema físico (o interno)	63
3.3.6.	Estructura de almacenamiento físico y estructuras de datos	64
3.3.7.	Interfase del usuario final	81
3.3.8.	Independencia de los datos y lógica para el módulo de representación física	82
3.3.9.	Subsistema de privacidad	82
3.3.10.	Subsistema de integridad	84
3.3.11.	Subsistema de reserva y recuperación	86
3.3.12.	Ventajas de la arquitectura funcional ya bosquejada	88
3.4.	Sistemas de gestión de bases de datos	89
3.4.1.	Componentes de un DBMS ideal	90
3.4.2.	Limitaciones de DBMS existentes	91
3.4.3.	Modelos de datos, perspectivas del universo y categorías de DBMS	94
3.4.4.	Perspectiva jerárquica	95
3.4.5.	Perspectiva de red	99
3.4.6.	Perspectiva DBTG (o red CODASYL)	100
3.4.7.	Perspectiva relacional	105
3.4.8.	Manipulación de relaciones y lenguajes de consulta	110
3.4.9.	Algebra relacional	111
3.4.10.	Cálculo relacional	115
3.4.11.	Ejemplos de manipulación de relaciones y lenguajes de consulta	118
3.4.12.	Perspectiva relacional binaria	121
3.4.13.	Instalación de sistemas relacionales binarios	128
3.4.14.	Instalación de un lenguaje de consulta relacional binario	129
3.4.15.	Modelo/Perspectiva de la relación entidad atributo	132
3.4.16.	Modelo/Perspectiva funcional	132
3.4.17.	Comentarios sobre modelos/perspectivas de datos	132
3.5.	Ejemplos de DBMS disponibles comercialmente	133
3.5.1.	IMS	134
3.5.2.	IDMS	135
3.5.3.	TOTAL	139
3.5.4.	ADABAS	140
3.5.5.	dBASE II	141
3.5.6.	INGRES	146

3.5.7.	DB2	147	
3.5.8.	NDB	147	
3.6.	Utilización de un DBMS comercial	150	
3.7.	Limitaciones de los sistemas de gestión de bases de datos existentes	153	
3.8.	Sistemas de gestión de bases de datos de quinta generación	155	
3.8.1.	Una arquitectura para DBMS de quinta generación	155	
3.8.2.	Verificación automática de la integridad semántica	159	
3.8.3.	Recuperación deductiva	173	
3.8.4.	Interfases perfeccionadas de usuario final	174	
3.8.5.	Equipos especiales	175	
3.9.	Comentarios finales	175	
4.	UNA INTRODUCCION A LA LOGICA FORMAL		177
4.1.	Una revisión general de la lógica	178	
4.1.1.	Una discusión muy informal acerca del razonamiento	178	
4.1.2.	Lenguajes de lógica	180	
4.1.3.	Sistemas formales de deducción	183	
4.1.4.	Solidez (soundness) y completitud (completeness)	186	
4.1.5.	Teorías y demostración de teoremas	187	
4.1.6.	Demostración de teoremas puramente sintáctica	189	
4.1.7.	Demostración de teoremas puramente semántica	190	
4.1.8.	Procedimientos de refutación	191	
4.1.9.	Decidibilidad	192	
4.2.	Lógica proposicional clásica	192	
4.2.1.	Un sistema axiomático para lógica proposicional	193	
4.2.2.	Métodos de prueba de deducción natural	198	
4.2.3.	Lógica consecutiva/Pruebas consecutivas	201	
4.2.4.	Métodos de demostración analíticos (top-down)	203	
4.2.5.	Métodos de demostración por tableros	204	
4.2.6.	Verificación de la validez mediante la búsqueda de un contraejemplo utilizando tableros semánticos	208	
4.2.7.	Métodos uniformes para demostración y comprobación de validez	211	
4.2.8.	Resolución	212	
4.2.9.	Métodos uniformes y sin resolución para la demostración de teoremas	218	
4.2.10.	Ejemplos de demostración de teoremas en lógica proposicional	218	
4.2.11.	Instalación de programas para el razonamiento automatizado en lógica proposicional	218	
4.3.	Lógica de predicados de primer orden	234	
4.3.1.	Sintaxis de los lenguajes de lógica de predicados de primer orden	236	
4.3.2.	Semántica de un lenguaje de primer orden	238	
4.3.3.	Deducción natural en lógica de predicados	246	
4.3.4.	Forma prenex	248	
4.3.5.	Forma funcional y forma normal skolem	249	



4.3.6.	Expansión Herbrand de una fórmula cerrada	250
4.3.7.	Consistencia de fórmulas cerradas y expansión Herbrand	252
4.3.8.	Forma normal conjuntiva y forma clausulada	253
4.3.9.	Resolución en lógica de predicados	254
4.3.10.	Verificación de la consistencia utilizando la resolución	259
4.3.11.	Demostración de teoremas en lógica de predicados utilizando la resolución	260
4.4.	Demostración automatizada de teoremas en FOPL	261
4.4.1.	Resolución de entrada lineal	262
4.4.2.	Resolución LUSH	262
4.4.3.	Resolución literal seleccionada (LS)	263
4.4.4.	Estrategias de búsqueda	265
4.4.5.	Resolución no clausulada	269
4.4.6.	Utilización de grafos de conexión para demostración de teoremas	272
4.4.7.	Demostración de teoremas con resolución no clausulada mediante grafos de conexión	276
4.4.8.	Demostración de teoremas sin resolución: Deducción natural	276
4.4.9.	Demostración de teoremas sin resolución: Matrices y conexiones	276
4.4.10.	Instalación de programas para el razonamiento automatizado en FOPL	283
4.5.	Comentarios finales	283
5.	LOGICA Y SISTEMAS DE BASES DE DATOS	287
5.1.	Introducción	287
5.2.	Algunas nociones relevantes de lógica formal	291
5.3.	Enfoque teórico y estructura relacional completa	291
5.3.1.	Mantenimiento de integridad	292
5.3.2.	Evaluación de consultas	294
5.3.3.	Relaciones definidas	296
5.3.4.	Suposiciones de mundo cerrado, cierre del dominio y de nombre único	297
5.3.5.	Aplicabilidad del enfoque teórico y de la estructura relacional completa	297
5.4.	Enfoque únicamente teórico	298
5.4.1.	Comprobación de consistencia	300
5.4.2.	Evaluación de consultas	301
5.4.3.	Reducción de consultas arbitrarias a consultas abiertas completamente	307
5.4.4.	Suposición de mundo cerrado/Fallo para demostrar como negación	313
5.4.5.	Reducción de consultas complejas a conjuntos de consultas atómicas	316
5.4.6.	Aplicabilidad del enfoque únicamente teórico	323
5.5.	Enfoque teórico y de la estructura relacional incompleta	324
5.5.1.	Restricciones de integridad	328
5.5.2.	Una noción alternativa de inferencia	332

5.5.3.	Utilización de conjuntos expandidos de restricciones de integridad y reglas de ampliación de estructura	334
5.5.4.	Alternativas al uso de conjuntos expandidos de reglas	337
5.5.5.	Suposiciones de mundo cerrado y de cierre del dominio	338
5.5.6.	Aplicabilidad del enfoque teórico y de estructura relacional incompleta	339
5.6.	Comentarios finales	341
6.	UTILIZACION DE LOGICAS NO CLASICAS EN EL PROCESAMIENTO	345
6.1.	Introducción	345
6.2.	Lógicas de clases múltiples	346
6.2.1.	Lógica de clases múltiples con cuantificación restringida	347
6.2.2.	Lógicas de clases múltiples más expresivas	349
6.2.3.	Comentarios finales	354
6.3.	Lógica de situaciones	354
6.4.	Lógicas no monotónicas	356
6.4.1.	¿Qué es la monotonicidad?	356
6.4.2.	Ejemplo de una lógica no monotónica	358
6.4.3.	Un sistema de mantenimiento de verdad TMS (TRUTH MAINTENANCE SYSTEM)	359
6.5.	Lógicas de valores múltiples	360
6.6.	Lógica borrosa	361
6.7.	Lógicas modales	363
6.7.1.	Mundos posibles, relaciones de accesibilidad y noción de necesidad	368
6.7.2.	Reglas de inferencia y axiomas lógicos especiales para lógicas modales particulares	371
6.7.3.	Propiedades modales de proposiciones/fórmulas	374
6.7.4.	Propiedades de conjuntos de proposiciones y relaciones entre ellas	377
6.7.5.	Sintaxis de un lenguaje de lógica proposicional modal	378
6.7.6.	Sistemas de axiomas modales de Lewis	379
6.7.7.	Comprobación de validez y demostración de teoremas utilizando tableros semánticos	383
6.7.8.	Un método basado en resolución para lógica modal	399
6.7.9.	Lógica modal de predicados	399
6.8.	Lógica temporal	401
6.8.1.	Adaptación del tiempo en la lógica clásica de predicados de primer orden	401
6.8.2.	Lógicas temporales basadas en modalidad	402
6.9.	Lógica epistemológica	406
6.10.	Algunos tópicos	410
6.10.1.	Teoría de tipos	410
6.10.2.	Lenguaje teórico de tipos	412
6.10.3.	El operador lambda	415



- 6.10.4. Un lenguaje teórico de tipos con un operador lambda 417
- 6.10.5. Semántica coordinada 418
- 6.10.6. Intensiones y extensiones 419
- 6.10.7. Un lenguaje teórico de tipos que puede dar cabida a intensiones y extensiones 420
- 6.10.8. Lectura adicional 422
- 6.11. Lógica intensional 422
  - 6.11.1. Lógica intensional de Montague 422
  - 6.11.2. El sistema PTQ de Montague 426
  - 6.11.3. Métodos de Montague utilizados en la traducción inglés/japonés 429
  - 6.11.4. Métodos de Montague utilizados en un sistema de bases de datos histórico 429
- 6.12. Comentarios finales 433

## 7. TEORIAS PARA TRATAR CON INCERTIDUMBRE ..... 435

- 7.1. Fuentes de incertidumbre 435
- 7.2. Teoría de la probabilidad 436
- 7.3. Teoría de la certidumbre 440
- 7.4. La teoría de la evidencia Dempster/Schafer 444
- 7.5. Teoría de la posibilidad 444
- 7.6. Cálculo de la incidencia 446
- 7.7. Teoría de la plausibilidad 451
- 7.8. Comentarios finales 460

## 8. SISTEMAS DE PRODUCCION BASADOS EN REGLAS ..... 461

- 8.1. Introducción 461
  - 8.1.1. ¿Qué es un sistema de producción? 461
  - 8.1.2. Orígenes en los sistemas generales de resolución de problemas y su utilización en sistemas expertos 463
- 8.2. Enfoques para la resolución de problemas 463
  - 8.2.1. Enfoque guiado por datos 464
  - 8.2.2. Enfoque guiado por objetivos 468
  - 8.2.3. Métodos mixtos 471
- 8.3. Estrategias de búsqueda utilizadas en la resolución de problemas 471
  - 8.3.1. Estrategias de resolución de conflictos 472
  - 8.3.2. Retroseguimiento (Backtracking) 472
  - 8.3.3. Búsqueda (primero) en profundidad/(primero) a lo ancho/heurística 473
  - 8.3.4. Representación explícita del conocimiento de control 476
- 8.4. Sistemas expertos basados en reglas 478
  - 8.4.1. ¿Qué es un sistema experto? 478
  - 8.4.2. Tipos de tareas realizadas por sistemas expertos 479
  - 8.4.3. Adaptación de la incertidumbre 480
  - 8.4.4. Adaptación de datos que varían con el tiempo 488
  - 8.4.5. Tratamiento de espacios de búsqueda grandes 489
  - 8.4.6. Arquitecturas de pizarra (blackboard) 492

8.4.7.	Armazones (shells) de sistemas expertos	493
8.4.8.	Interfase humana para sistemas expertos	494
8.5.	Comentarios finales	496
9.	REPRESENTACIONES DE CONOCIMIENTO DE RANURA Y RELLENO .....	499
9.1.	Introducción	499
9.2.	Redes semánticas	500
9.2.1.	¿Qué es una red semántica?	500
9.2.2.	Redes semánticas extendidas	502
9.2.3.	Redes semánticas partidas	506
9.3.	Sistemas basados en armaduras	508
9.3.1.	Ejemplificación de armaduras y representación de una entidad desde puntos de vista diferentes	512
9.3.2.	Propiedades genéricas, valores por defecto y condiciones de las ranuras	513
9.3.3.	Estructuras en armadura	516
9.3.4.	Emparejamiento y reconocimiento de patrones	517
9.3.5.	Inferencia	519
9.3.6.	Inferencia por analogía	520
9.3.7.	Detección de errores y omisiones	521
9.3.8.	Vínculo procesal/Demons	522
9.3.9.	Lenguajes en armadura y ejemplos de sistemas basados en armaduras de utilización general	522
9.3.10.	Propiedades deseables de los sistemas en armadura	524
9.3.11.	Ventajas/Inconvenientes de los sistemas en armadura	524
9.3.12.	Relaciones entre los sistemas en armadura y la lógica	525
9.4.	Dependencia conceptual	527
9.4.1.	Idea básica	527
9.4.2.	Ejemplos de representaciones de dependencia conceptual	532
9.5.	Guiones	533
9.5.1.	¿Qué es un guión?	533
9.5.2.	Razonamiento con guiones	535
9.5.3.	Ejemplos de sistemas basados en guiones	535
9.6.	Comentarios finales	535
10.	EL ENFOQUE FUNCIONAL PARA EL PROCESAMIENTO DEL CONOCIMIENTO .....	537
10.1.	Introducción	537
10.1.1.	¿Qué es una función?	537
10.1.2.	Funciones características	539
10.2.	Definición de funciones en función de otras funciones	540
10.2.1.	Composición	540
10.2.2.	Composición generalizada	541
10.2.3.	Funciones definidas en función de expresiones	541
10.2.4.	La definición de funciones mediante casos/expresiones condicionales	541



10.2.5.	Recursión primitiva	542
10.2.6.	Recursión	544
10.2.7.	Inversión y restricción	544
10.3.	El cálculo lambda	545
10.3.1.	Las reglas del cálculo lambda	545
10.3.2.	El teorema Church-Rosser	546
10.3.3.	Funciones elaboradas	547
10.3.4.	Funciones de orden superior	548
10.4.	Funciones recursivas generales y noción de computabilidad	549
10.4.1.	Funciones base y funciones construidas	549
10.4.2.	Funciones computables	549
10.4.3.	Funciones recursivas generales	551
10.5.	Enfoque de Mc Carthy sobre la computación	552
10.5.1.	Formalismo de Mc Carthy para la teoría de la informática	552
10.5.2.	Expresiones S y funciones base del cálculo de Mc Carthy para el procesamiento simbólico	552
10.5.3.	Las funciones computables de expresiones S y el lenguaje de programación LISP	555
10.6.	La perspectiva funcional del universo	556
10.7.	FQL: Un lenguaje de consulta de bases de datos	558
10.7.1.	Caracterización de medios de recuperación proporcionados por un sistema de bases de datos como un conjunto de funciones base	558
10.7.2.	Estrategias de construcción de funciones disponibles en FQL	562
10.7.3.	Funciones estándar disponibles en FQL	563
10.7.4.	Definición de nuevas funciones en FQL	565
10.7.5.	Expresión de consultas en FQL	565
10.8.	DAPLEX: Un lenguaje de manipulación y definición de datos	566
10.9.	Comentarios finales	571
11.	LINGUAJES DE PROGRAMACION Y PROCESAMIENTO DEL CONOCIMIENTO .....	573
11.1.	Introducción	573
11.2.	Sintaxis	573
11.2.1.	Gramáticas independientes del contexto	574
11.2.2.	Reconocimiento y análisis sintáctico (parsing)	579
11.3.	Construcción de programas reconocedores	588
11.4.	Restricciones contextuales	592
11.4.1.	Reglas de ámbito	593
11.4.2.	Reglas de modo	594
11.5.	Semántica	594
11.5.1.	Semántica de denotación	595



- 11.5.2. Ejemplo de la especificación de la semántica de un lenguaje simple 598
- 11.5.3. Valores denotables de identificadores de procedimiento y de función 601
- 11.6. Traductores/Compiladores/Intérpretes 603
  - 11.6.1. Definiciones 603
  - 11.6.2. Modificación de reconocedores para obtener traductores 605
- 11.7. Aplicación de técnicas en el trabajo de sistemas de bases de conocimiento 608
- 11.8. Categorías de lenguajes de programación 609
- 11.9. LISP 613.
- 11.10. Prolog 620
- 11.11. PS-algol 634
  - 11.11.1. Persistencia ortogonal 635
  - 11.11.2. Procedimientos como objetos de primera clase 635
  - 11.11.3. Abstracción procesal 636
  - 11.11.4. Tipos de datos abstractos 636
  - 11.11.5. Procedimientos de primera clase y tipos de datos abstractos 637
  - 11.11.6. Procedimientos y módulos de primera clase 639
  - 11.11.7. Utilización de PS-algol para implantar sistemas de bases del conocimiento 639
- 11.12. El papel de los lenguajes de programación en el trabajo de los sistemas de bases de conocimientos 640
- 11.13. Comentarios finales 641
- 12. ORDENADORES ESPECIALES PARA EL PROCESAMIENTO DEL CONOCIMIENTO ..... 643
  - 12.1. Limitaciones de las arquitecturas convencionales de Von Neumann 643
  - 12.2. Arquitecturas de flujo de datos 643
  - 12.3. Arquitecturas de máquinas para sistemas basados en reglas de producción 644
  - 12.4. Computación en paralelo - Consideraciones teóricas 645
  - 12.5. Estaciones de trabajo de IA 645
  - 12.6. La máquina de conexión 646
  - 12.7. Máquinas de recuperación de textos 646
  - 12.8. Máquinas que garantizan la recuperación asociativa 646
  - 12.9. Almacenamientos triples 647
  - 12.10. PS - La máquina de almacenamiento persistente (Persistent Store Machine) 647

12.11. SUM - La máquina de unificación siracusana (Syracuse Unification Machine) 648

12.12. Comentarios finales 648

13. UNA LISTA DE SISTEMAS DE BASES DEL CONOCIMIENTO Y DE PRODUCTOS RELACIONADOS ..... 651

13.1. Sistemas mencionados en el libro 651

13.2. Algunos sistemas anunciados recientemente 654

13.3. Fuentes de datos sobre nuevos productos 656

14. RESUMEN ..... 659

14.1. Sinopsis de conceptos y técnicas descritas en el libro 659

14.2. Puesta en perspectiva de los conceptos y técnicas 661

14.3. La necesidad de un sistema de referencia semántico con el que categorizar diferentes técnicas y sistemas 663

14.4. Algunas opiniones personales 666

14.5. Sugerencias para una lectura adicional 667

Apéndice 1: Ejercicios 669

Apéndice 2: Temas de investigación 695

Referencias 697

Bibliografía adicional 717

Glosarios Inglés/Español y Español/Inglés 719

Índice analítico 759