

¿Hay Lógica en la situación actual de las titulaciones informáticas?

Jose Emilio Labra Gayo

Dtpo. Informática

Universidad de Oviedo

33007 Oviedo

e-mail: {labra}@lsi.uniovi.es

Resumen

En este artículo se realiza un pequeño estudio del planteamiento seguido para impartir la disciplina de la lógica en las titulaciones informáticas de las universidades españolas. Se comparan los tipos de asignaturas que incluyen dicha disciplina, las áreas de conocimiento que la imparten y los contenidos considerados. Finaliza el artículo con una serie de reflexiones generales sobre la situación actual de las titulaciones informáticas y las áreas de conocimiento.

1. Introducción

En estos momentos, el ambiente universitario atraviesa una etapa en la que existe mayor motivación hacia el aumento de la calidad de la enseñanza. Parte de esta concienciación se debe a la reciente implantación de una nueva Ley Orgánica de Universidades y a los planes de creación de un Espacio Europeo de Educación Superior. En la práctica, el debate se está centrando en aspectos organizativos obviando otros aspectos como los contenidos de las disciplinas o la estructura en áreas de conocimiento. Estos aspectos pueden incidir de manera importante en la calidad de la enseñanza y en la propia carrera docente del profesorado. La creación de planes de estudio suele llevarse a cabo mediante batallas entre áreas de conocimiento cuyas fronteras tienen un carácter borroso.

La disciplina de la lógica forma parte del núcleo de conocimientos fundamentales de la informática. Sin embargo, el tratamiento que se hace de dicha disciplina en las titulacio-

nes informáticas españolas es muy heterogéneo. Coexisten titulaciones que no parecen impartir conocimientos de lógica con titulaciones que los imparten en varias asignaturas obligatorias y optativas. Además, la disciplina se imparte en diferentes áreas de conocimiento dependiendo de las titulaciones.

Esta situación pone de relieve varias cuestiones de fondo sobre la enseñanza universitaria en España: ¿cómo se establecen los conocimientos mínimos obligatorios de las titulaciones?, ¿cómo se decide qué disciplinas imparten las diferentes áreas?, ¿cuál es la coordinación entre las áreas de conocimiento?, etc.

Con este artículo no se pretende dar solución a las cuestiones anteriores, sino simplemente poner de relieve la situación actual tomando como ejemplo una disciplina concreta.

Para ello se presenta un pequeño estudio en el que se han consultado los planes de estudio de las universidades públicas españolas que imparten estudios de informática. Las consultas se realizaron en septiembre de 2003 a través de las páginas Web de dichas titulaciones. Puesto que este tipo de medio no siempre ofrece información fiable ni exhaustiva, es posible que los datos no sean completamente exactos. Por ese motivo, se han evitado realizar consideraciones negativas del tipo *la universidad X no imparte el tema Y*, ya que a lo mejor sí lo imparte pero en la consulta realizada no aparecía tal información.

En el estudio se han considerado 44 titulaciones de ingeniería técnica informática de gestión (ITIG), 34 titulaciones de ingeniería técnica informática de sistemas (ITIS) y 26 de ingeniería informática (II).

2. ¿Contenidos de lógica para Informática?

Podría afirmarse que la lógica se ha convertido en la lengua universal utilizada en informática. La lógica proporciona a la vez unos fundamentos teóricos y una herramienta para la modelización. Según [17], la lógica matemática juega un papel fundamental en la informática, similar al que juega el cálculo para la física y la ingeniería tradicional.

Las diversas especializaciones de la lógica se aplican constantemente en múltiples campos informáticos. Además, la propia lógica ha sido fruto de una incesante evolución de la mano de las aplicaciones informáticas desarrolladas. El mejor ejemplo de esta evolución puede comprobarse en [11] y en las presentaciones de los congresos [1, 2, 3].

A continuación se ofrece una lista de algunos de los campos en los que la lógica es un elemento básico:

- Representación del conocimiento y su aplicación al campo de la Inteligencia Artificial.
- Teoría de tipos y su aplicación al diseño de lenguajes de programación.
- Especificación y verificación de sistemas.
- Bases de datos y cálculo relacional.
- Complejidad algorítmica.
- Sistemas de agentes e información distribuida.
- Aprendizaje automático e inferencia de conocimiento.
- Procesamiento del Lenguaje natural y semántica de lenguajes.

De esa forma, la disciplina de la lógica puede considerarse como una asignatura de tipo fundamental cuyos contenidos servirán de base a otras asignaturas. Este planteamiento es recogido en las propuestas curriculares convencionales.

En la propuesta de ACM-IEEE [4] se recogen 2 unidades troncales: DS2 (*Lógica básica*)

y DS3 (*Técnicas de prueba*) dentro del área de *Estructuras discretas*. Algunos contenidos de la disciplina también aparecen en la unidad troncal AR1 (*Lógica digital y Sistemas digitales*) del área de *Arquitectura y Organización*, la unidad troncal IS3 (*Representación del conocimiento y razonamiento*) del área *Sistemas Inteligentes* y la unidad optativa SE10 (*Métodos formales*) del área *Ingeniería del Software*.

En la propuesta UNESCO-IFIP del año 2000 [13], se incluyen las unidades MAP-06 (*Formalismo en el procesamiento de la información*) y MAP-08 (*Inteligencia Artificial*). Dicha propuesta tiene un carácter generalista en el que no se especifican detalles de contenidos. Contrasta con la propuesta del año 1994 [12] en la que se muestra un programa formado por 41 módulos. Entre ellos, puede destacarse el módulo 3.1 (*Lógica para informática*) de carácter avanzado para estudiantes de tercer nivel.

El tratamiento de la disciplina lógica en las universidades norteamericanas también es bastante heterogéneo. Aunque se reconoce la importancia de la disciplina [7, 18], en los últimos tiempos se ha observado una cierta tendencia a disminuir el tratamiento de asignaturas relacionadas con las matemáticas [19], lo cual está llevando a una reconsideración de qué tipo de matemáticas son necesarias para la disciplina. Un ejemplo de estos planteamientos es la creación de una comisión especial del grupo de interés en educación informática de ACM SIGCSE para estudiar la implantación de cursos de matemáticas discretas en informática ¹.

3. La Lógica en Titulaciones Informáticas Españolas

Los planes de estudios de las titulaciones universitarias españolas deben acogerse a las directrices marcadas en [6] y en los Reales Decretos 1459-61/1990 en los que se marcan las directrices generales propias de los planes de estudios de informática. Dichas directrices establecen dos titulaciones de Ingeniero Técnico

¹<http://www.acm.org/sigcse/topics/committees.shtml>

en Informática: de Gestión y de Sistemas, y una titulación superior de Ingeniero en Informática.

En la práctica, la división en Gestión y Sistemas resulta bastante artificiosa y existe cierta tendencia a unificar los planes de ambas titulaciones ofreciendo una especialización más eficiente mediante intensificaciones.

En las directrices que marcan las materias troncales no aparece la disciplina lógica como tal, existiendo un epígrafe genérico denominado *Fundamentos matemáticos de la Informática* de 18 créditos con los contenidos: Álgebra, Análisis matemático, Matemáticas Discretas y Métodos numéricos. Esta situación será la principal causa por la que las diferentes universidades hayan optado por planteamientos dispares en la inclusión de la disciplina de la lógica.

A continuación se muestran los datos del estudio realizado. Como ya se ha indicado, se han considerado 44 titulaciones de ingeniería técnica informática de gestión (ITIG), 34 titulaciones de ingeniería técnica informática de sistemas (ITIS) y 26 de ingeniería informática (II). En 48 de las 104 titulaciones, la lógica se incluye como asignatura obligatoria. Del resto, en 41 titulaciones imparten contenidos de lógica dentro de asignaturas relacionadas con la matemática discreta, mientras que 15 titulaciones parecen no incluir dichos contenidos.

Los créditos dedicados a la asignatura obligatoria de lógica también varían: en 26 titulaciones dedican 4,5 créditos, en 21 instituciones dedican 6 créditos, y en 1 institución dedican 7,5 créditos. En otro caso se divide en dos asignaturas de 3 y 4,5 créditos.

Otra variación es el área de conocimiento que se ocupa de impartir la disciplina. En este caso, también aparecen soluciones dispares. En concreto, la asignatura se imparte principalmente en las áreas de *Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial* (20 titulaciones) y *Lenguajes y Sistemas Informáticos* (11 titulaciones). La relación de la lógica con las matemáticas se refleja en que existen 7 titulaciones en las que es impartida por el área de *Matemática Aplicada* y 4 titulaciones por el área de *Álgebra*. Finalmente, en una titulación

	Tipo Titul.	Créd.	N.º Titul.
Lógica Obligatoria	II	4,5	7
		6	9
		7,5	0
	ITIG	4,5	10
		6	6
		7,5	0
ITIS	4,5	9	
	6	6	
	7,5+	1	
En Matemáticas Discretas	II	4,5	1
		6	1
		7,5+	6
	ITIG	4,5	1
		6	10
		7,5+	8
	ITIS	4,5	2
		6	5
		7,5+	7
No consta	II	-	2
	ITIG	-	9
	ITIS	-	4

Cuadro 1: Contenidos de lógica en titulaciones nacionales

es impartida por el área de *Lógica y Filosofía de la Ciencia* como asignatura obligatoria (esta misma área la imparte como asignatura optativa en otra titulación). Estos datos se recogen en el cuadro 2.

Tanta variedad en el tratamiento de la disciplina se refleja obviamente en los objetivos y programas impartidos. Pueden destacarse tres posturas principales:

- *Lógica como parte de Matemáticas Discretas*. En la mayoría de los cursos que incluyen la lógica dentro de la asignatura de matemáticas discretas, la disciplina de lógica tiene un tratamiento más bien superficial, orientado principalmente a explicar el lenguaje proposicional y de predicados y las técnicas de demostración. Un ejemplo de este tipo de programas podría ser el de las titulaciones de Ingeniero técnico (gestión y sistemas) de la Universidad de Murcia, donde aparece una asignatura de 9 créditos denominada *Matemáticas para la computación* con los epígrafes principales: *Conjuntos, Lógica, Álgebras de Boole, Grafos, Aritmética e Introducción a la combinatoria*.

Esta posibilidad viene apoyada por las

Área de conocimiento	Tipo titul.	N.º Titul.
Álgebra	II	1
	ITIG	2
	ITIS	1
Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial	II	8
	ITIG	6
	ITIS	6
Lenguajes y Sistemas Informáticos	II	3
	ITIG	4
	ITIS	4
Lógica y Filosofía de la Ciencia	II	0
	ITIG	0
	ITIS	1
Matemática Aplicada	II	2
	ITIG	3
	ITIS	2
No consta	II	2
	ITIG	1
	ITIS	2

Cuadro 2: Áreas de conocimiento que imparten Lógica en Informática

guías curriculares y tiene la ventaja de ofrecer un tratamiento homogéneo de ambas disciplinas. En un caso extremo se podría considerar la adopción de una notación unificada similar a la utilizada por [8].

- *Lógica para la Inteligencia Artificial*. Esta alternativa se refleja en muchos cursos que incluyen una asignatura independiente de lógica como materia obligatoria. La cantidad de créditos oscila entre 4,5 y 6. En estos cursos se trata la lógica proposicional y de predicados y se dedica gran parte al algoritmo de resolución, incluidas las estrategias de resolución). En ocasiones, se explica resolución proposicional y luego resolución general. Puede dedicarse un último tema al lenguaje Prolog mediante la realización de prácticas de laboratorio con dicho lenguaje.

Un ejemplo de este tipo de cursos podría ser el temario de *Lógica Computacional* impartido en la Universidad Carlos III de Madrid con una asignatura de 6 créditos denominada *Lógica computacional* y los contenidos: *Introducción al cálculo proposicional*, *Teoría de la demostración*, *Deducción natural en cálculo proposicional*, *Introducción al cálculo de predicados*, *Teo-*

ría semántica del cálculo de predicados, *Fundamentos teóricos de la Demostración automática* y *Método de resolución lineal*.

- *Lógica para la Demostración Automática de Teoremas*. El estudio de técnicas de demostración automática de teoremas tiene gran aplicación en informática, no solamente en su aplicación a la Inteligencia Artificial, sino en aplicaciones de verificación de programas. Algunos cursos explican las principales técnicas existentes: deducción natural, tableros semánticos y resolución comparando sus propiedades (consistencia, completud, complejidad, etc.). Un ejemplo de temario con este esquema sería el de la asignatura *Lógica* de 4,5 créditos en Universidad Complutense de Madrid que incluye el método de tableros (*tableaux*) semánticos en lógica proposicional y de predicados.

No existe demasiada variación en cuanto al lugar temporal en que se imparte dicho curso. De las 48 titulaciones que incluyen un curso obligatorio independiente, 39 lo hacen en primer año, 8 lo hacen en segundo año y una lo hace en cuarto curso. Esta última es el segundo ciclo de la Universidad Nacional de Educación a Distancia. Una posible justificación de dicha inclusión sería que dicha titulación espera recibir alumnos de centros muy diversos y con una formación heterogénea por lo que requiere algunos cursos relativamente básicos en cuarto curso. Cuando la asignatura se imparte en segundo curso, es posible profundizar más en aspectos algorítmicos. Un ejemplo es la asignatura *Lógica para la computación* de la Universidad de Málaga cuyo programa contiene los epígrafes *Lógica y computación*, *Lenguajes, sistemas y teorías formales*, *Lógica clásica proposicional y de primer orden*, *Sistemas deductivos ordinarios*, *Decidibilidad y lógica clásica* y *Demostradores automáticos*.

Una posible variación es dividir la asignatura en dos cursos, uno en primero y otro en segundo. Esta opción es realizada en la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid que incluye dos asignaturas obligatorias, *Lógica formal* de 3 créditos en primero

y *lógica computacional* de 4,5 créditos en segundo.

En cuanto a la estructura general del curso, la mayoría se divide en dos partes: *lógica proposicional* y *lógica de predicados*, impartidas de forma secuencial y repitiendo en cada parte la presentación del lenguaje, su sintaxis y semántica y técnicas de prueba.

Existe otra posibilidad que consiste en utilizar únicamente el lenguaje de la lógica de predicados e ir introduciendo los temas de semántica y técnicas de demostración de forma gradual. Esta posibilidad se implementa en la asignatura *Introducción a la Lógica* de la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Cataluña con el siguiente programa *Estructuras* (relaciones y operaciones, estructuras de primer orden), *Lenguaje* (sintaxis y semántica de la lógica de primer orden, evaluación), *Equivalencia* (demostración mediante contra-modelos, formas normales), *Satisfacibilidad* (demostración mediante modelos, resolución) y *Validez* (secuentes, deducción natural, etc.).

Otra variación considerable es en qué asignatura se imparten los conceptos de *álgebra de Boole* y *circuitos combinatoriales*. En 4 titulaciones se incluían dentro de la asignatura de lógica, mientras que en 19 se imparten en asignaturas relacionadas con Hardware y en 12 se imparten en asignaturas de álgebra o de matemáticas discretas.

Finalmente, en cuanto a las prácticas de laboratorio, se ha encontrado poca información sobre qué tipo de sistemas se utilizan. Pueden destacarse la propuesta de la Universidad de Alicante, que utiliza un sistema basado en el lenguaje Prolog.

Una última propuesta interesante es realizada en la Universidad de Lleida, en la que se presta una especial importancia a las prácticas de laboratorio en lógica proposicional mediante el algoritmo SAT.

4. Situación en la Universidad de Oviedo

Un ejemplo claro de las diferencias en el tratamiento de la disciplina lógica se produce en

la Universidad de Oviedo. En esta Universidad, las titulaciones informáticas están formadas por dos Escuelas Universitarias de Ingeniería Técnica Informática situadas en Oviedo y Gijón y un segundo ciclo de Ingeniero en Informática en Gijón. La disciplina lógica aparece vinculada en ambos casos al Departamento de Informática. Sin embargo, mientras que en la Escuela de Gijón, el área encargada de su docencia es *Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial*, en la Escuela de Oviedo se encarga el área de *Lenguajes y Sistemas Informáticos*.

En el año 91 se creó un plan de estudios común en el que aparecía una asignatura obligatoria denominada lógica con 6 créditos común para las titulaciones de Gestión y Sistemas y para las escuelas de Gijón y Oviedo. Posteriormente, en el año 2000 se realiza una reforma del plan de estudios en el que ambas escuelas optan por planteamientos divergentes. En los nuevos planes, se mantiene la asignatura obligatoria pero en Gijón se reduce a 4.5 créditos mientras que en Oviedo se mantienen los 6 créditos, uno de los cuales se dedica a prácticas de laboratorio. En ambas escuelas se mantiene la asignación de áreas anterior por lo que la asignatura es ofrecida, dentro de la misma Universidad y Departamento por dos áreas diferentes y con número de créditos diferente.

En cuanto a los contenidos, la inclusión del crédito de prácticas de laboratorio en la Escuela de Oviedo ha permitido la realización de ejercicios de programación en el lenguaje Prolog. Este año se ha utilizado un esquema de prácticas similar al presentado en [15] adaptado a los alumnos de primer curso y se ha desarrollado una práctica con el sistema YandΞs [14] que permite construir demostraciones en deducción natural.

5. Conclusiones del Estudio

La docencia de la disciplina lógica en las titulaciones informáticas españolas es muy heterogénea. Las principales consideraciones son:

- *Tipo de asignatura.* En algunas universidades se incluyen los contenidos dentro de

una asignatura obligatoria, mientras que en otras se imparten dentro de asignaturas como matemáticas discretas o incluso en algunas no se imparten.

- *Área de docencia.* Existen 5 áreas que se encargan de su docencia: *Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial* (20 titulaciones), *Lenguajes y Sistemas Informáticos* (11 titulaciones), *Matemática aplicada* (7 titulaciones), *Álgebra* (4 titulaciones) y *Lógica y Filosofía de la Ciencia* (1 titulación).
- *Curso en el que se imparte.* En general, la asignatura se imparte en primer curso aunque existen 8 titulaciones que la imparten en segundo curso y una que lo hace en cuarto. En este aspecto no hay demasiadas divergencias ya que la lógica se considera de carácter básico para otras asignaturas.
- *Contenidos teóricos.* Los contenidos tradicionales de la asignatura consistirían en impartir lógica proposicional y lógica de predicados. A partir de dicha base, se ofrecen varias orientaciones que inciden especialmente en los contenidos entre las que se pueden destacar: inclusión dentro de matemáticas discretas, orientación hacia Inteligencia Artificial y orientación hacia demostración automática de teoremas. En el primer caso se ofrecen técnicas de demostración básicas y en muchas ocasiones los contenidos acaban siendo *marginados* por contenidos de matemáticas discretas. En la orientación hacia la Inteligencia Artificial, se incluyen temas sobre el algoritmo de resolución proposicional que pueden llegar a finalizar con prácticas en lenguaje Prolog. Finalmente, en la orientación hacia la demostración automática de teoremas se incide especialmente en las técnicas de razonamiento y se comparan diversas técnicas como deducción natural, resolución, tableros semánticos, etc. En general, la lógica podría también orientarse hacia otras aplicaciones como los lenguajes de programación,

la especificación y verificación o incluso la Web semántica, pero no se han encontrado cursos con estas orientaciones.

- *Contenidos prácticos.* Respecto a los contenidos prácticos, no se ha encontrado mucha información. La tendencia más habitual suele ser la realización de ejercicios en el lenguaje Prolog. Una posibilidad es la utilización de Prolog para facilitar la comprensión de aspectos teóricos [5], por ejemplo, crear tablas de verdad, resolución, etc. Un paquete interesante sería SldDraw que permite visualizar trazas del algoritmo de resolución SLD [9]. Otra posibilidad sería la utilización de un lenguaje de programación diferente al lenguaje Prolog. Un ejemplo es el uso de Haskell en [10] que permitiría impartir una introducción al cálculo λ y los sistemas de re-escritura. En [16] se presenta un modelo unificado de estos conceptos.

6. Reflexiones y propuestas

El hecho de que la lógica no aparezca como disciplina troncal en las titulaciones informáticas ha servido para que hayan aparecido este tipo de divergencias. La primera reflexión sería considerar si es necesario o no incluir esta disciplina como troncal. Como se ha señalado en la sección 2, la lógica forma parte del núcleo básico de conocimientos de un informático y en opinión del autor, la respuesta debería ser afirmativa.

Sin embargo, la respuesta a este tipo de preguntas debería basarse en estudios rigurosos de las necesidades formativas de los profesionales informáticos. Sería necesario plantear modelos curriculares similares a los ofrecidos por ACM-IEEE pero adaptados al contexto educativo europeo y nacional. En la actualidad, la convergencia entre los sistemas universitarios europeos se plantea en términos de equiparación de estudios, pero el debate también debe orientarse hacia la convergencia de contenidos. Para ello, sería interesante la creación modelos curriculares europeos en los que interviniesen los principales agentes implicados.

La inclusión de la asignatura en 5 áreas diferentes pone de manifiesto la dificultad que existe en la actualidad para asignar conocimientos a áreas. Aunque no pretendemos debatir en qué área debería impartirse, sí creemos que algo no funciona cuando se producen este tipo de divergencias. Es posible que lo que no funcione sea directamente el propio sistema de áreas de conocimiento. En concreto, dentro de la informática, resulta muy complicado discernir cuál es la frontera que separa a las áreas de *Lenguajes y Sistemas Informáticos*, *Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial* y *Arquitectura y Tecnología de Computadores*. De hecho, las divergencias presentadas para la asignatura de lógica no son únicas, y existen muchas otras asignaturas que son impartidas en diferentes áreas. El problema de esta divergencia no sólo concierne a la docencia de asignaturas, sino a la propia carrera docente y evaluación de la investigación.

Desde la creación del sistema de áreas de conocimiento, la informática ha tenido una gran evolución. En su momento, el sistema fue creado con un esquema generalista que se refleja en los nombres de las áreas de conocimiento. Sin embargo, dentro de la informática ya se han consolidado una serie de disciplinas, como Sistemas Operativos, Ingeniería del Software, Inteligencia Artificial, etc. que podrían adoptarse como áreas de conocimiento.

Una última propuesta sería la necesidad de disponer de algún sistema de información oficial en el que se recopilasen datos sobre planes de estudios, áreas de conocimiento, asignaturas, créditos, contenidos, etc. De hecho, puede ser sintomático que el presente artículo se haya realizado mediante consultas en páginas Web, con la consiguiente falta de fiabilidad. Dicho sistema debería desarrollarse tanto a nivel nacional como europeo, con el fin de facilitar el intercambio de información y contenidos, así como la adaptación de los estudios.

Referencias

- [1] NSF/CISE workshop on the unusual effectiveness of logic in computer science. <http://www.cs.rice.edu/~vardi/logic/>, 2001.
- [2] Symposium on the effectiveness of logic in computer science (ELICS02). <http://www.mpi-sb.mpg.de/conferences/elics02/>, 2002.
- [3] IEEE symposium on logic in computer science. <http://www.lfcs.informatics.ed.ac.uk/lics>, 2003.
- [4] ACM-IEEE. Computing curricula 2001. computer science, the joint task force on computing curricula, Dec 2001. Computing Curricula 2001. Computer Science, The Joint Task Force on Computing Curricula. Final Report.
- [5] Mordechai Ben-Ari. *Mathematical Logic for Computer Science*. Springer-Verlag, 2 edition, 2001.
- [6] Consejo de Universidades. Directrices generales comunes de los planes de estudio de los títulos universitarios de carácter oficial y validez en todo el territorio nacional, 1987. Real Decreto 1497/1987 de 27 de noviembre, 1987.
- [7] D. Gries. The need for education in useful formal logic. *IEEE Computer*, pages 29–30, 1996.
- [8] D. Gries and F. B. Schneider. *A Logical Approach to Discrete Math*. Springer-Verlag, 1994.
- [9] F. Gutiérrez and M. del Carmen de Castro. SldDraw: Un trazador de árboles sld. In Depto. de Lenguajes y Sistemas Informáticos, editor, *IX Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática*, pages 605–608, Cádiz, July 2003. Thomson.
- [10] Cordelia Hall and John O’Donnel. *Discrete Mathematics using a Computer*. Springer-Verlag, 2000.
- [11] Joseph Y. Halpern, Robert Harper, Neil Immerman, Phokion Kolaitis, Moshe Y. Vardi, and Victor Vianu. On the unusual effectiveness of logic in computer science.

- Bulletin of the Association for Symbolic Logic*, 7(2):213–236, June 2001.
- [12] IFIP-UNESCO. Modular curriculum in computer science, 1994.
 - [13] IFIP-UNESCO. Informatics curriculum framework 2000 for higher education, 2000.
 - [14] Jose E. Labra. YandΞs. <http://yandes.sourceforge.net>.
 - [15] Jose E. Labra. Representaciones gráficas y mundos virtuales infinitos en las prácticas de programación lógica y funcional. In Depto. de Lenguajes y Sistemas Informáticos, editor, *IX Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática*, pages 449–457, Cádiz, jul 2003. Thomson.
 - [16] R. Lalement. *Computation as Logic*. Prentice-Hall, 1993.
 - [17] Zohar Manna and Richard Waldinger. *The Logical Basis for Computer Programming*. Addison-Wesley, 1985.
 - [18] J. P. Myers. The central role of mathematical logic in computer science. *ACM SIGCSE Bulletin*, 22(1):22–26, 1990.
 - [19] Allen B. Tucker, Charles F. Kelemen, and Kim B. Bruce. Our curriculum has become math-phobic! In *Proceedings of the thirty-second SIGCSE technical symposium on Computer Science Education*, pages 243–247. ACM Press, 2001.