Escritos de Filosofía (Buenos Aires), 1984, nº 7

ALGUNOS TEMAS DE LOGICA TEMPORAL

JORGE ALFREDO ROETTI *

> Porque ¿qué es nuestro pasado si no una serie de sueños? ¿Qué diferencia puede haber entre recordar sueños y recordar el pasado?
>
> JORGE LUIS BORGES [1]

1. *Consideraciones preliminares*

Escribir un artículo sobre la así llamada "lógica del tiempo" de nuestros días es tarea difícil, y no tanto por la complejidad del tema. Señalemos algunas de las dificultades.

(a) *Características del artículo*

Su índole parece necesariamente introductoria y general, y como tal lo concebimos. Esto no sólo para un público filosófico de habla castellana: también otros países científicamente muy avanzados —como Alemania Federal— comienzan recién a escribir tratados específicos sobre el tema [2]. La "lógica temporal" ha sido hasta aquí

---

* Miembro de la Carrera del Investigador Científico del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

[1] Texto tomado de una conferencia pronunciada en la Universidad de Belgrano a mediados de 1978, reproducida por *La Nación*, Buenos Aires, 19 de agosto de 1979, 4ª secc., p. 1.

[2] En la colección de textos publicada en Alemania Oriental por K. BERKA y L. KREISEL (*Logik-Texte, kommentierter Auswahl zur Geschichte der modernen Logik*, Ost-Berlin, Akademie Verlag, 1973) se comenta en *dos renglones* todo el

una disciplina preponderantemente escrita en inglés, aun por autores de otras nacionalidades. Otras regiones lingüísticas de la vida científica recién comienzan la publicación de trabajos independientes.

(b) *Cuestión acerca de la "naturaleza" de la "lógica temporal"*

Muchos, al hacerse esta pregunta, se interrogan por su objeto *material*: si éste es el *tiempo gramatical* o alguna variante del *tiempo real*. Pucciarelli registra esto perfectamente cuando describe las dos vías de acceso al problema del tiempo, la vía psicológica o fenomenológica y la vía lingüística [3]. Nos dice allí que, aún "sin presuponer gratuitamente un paralelismo entre las estructuras del tiempo gramatical y el tiempo real", la reflexión formalizante acerca del tiempo se desentendería "del contacto directo con la experiencia" y estudiaría primordialmente sus manifestaciones lingüísticas [4]. La gran mayoría de los trabajos de lógicos sobre el tiempo testimonian dicha actitud. La lógica y la matemática de nuestro siglo —y por cierto ya antes del "programa Hilbert"— han sido casi siempre fieles a esa actitud teórica que ha dado en llamarse el *"linguistic turn"*. También los lógicos del tiempo se ocuparon, en general, menos de "las cosas mismas", que de su reflejo lingüístico. Muchos de sus esfuerzos consistieron en formalizaciones de las experiencias temporales cristalizadas en la lengua y en la construcción de sistemas axiomáticos liberados de sus dificultades, en muchos casos de sus incompatibilidades y contradicciones.

Los títulos de los principales trabajos indican la tendencia predominante, pero señalan también las discrepancias y los posteriores cambios de actitud. El término inglés predominante ha sido *'tense'*, incluso hasta la *Tense Logic* de McArthur (1976). Hintikka, en cambio, titula a uno de sus trabajos *Time and Necessity* y Rescher-Urquhart escriben una *Temporal Logic*: Los trabajos de Prior muestran también un sostenido interés en el tratamiento formal de los fenómenos temporales mismos. El *"linguistic turn"* parece a la defensiva en el tema que nos ocupa, no sólo en lo que concierne a los títulos, sino también respecto de la organización de sus temas [5].

La lógica del tiempo puede adoptar una actitud preponderantemente dirigida a los fenómenos temporales en sus diversas manifestaciones y para ello debe desarrollar racionalmente un sistema "ortolingüístico" de expresión [6]. Esto nos lleva a la otra parte del

---

desarrollo de la lógica temporal hasta ese momento y se citan sólo tres trabajos: dos de PRIOR (1957 y 1967) y uno de RESCHER (1965): "On the Logic of Chronological Propositions", *Mind*, N. S. 75, pp. 75-96.

[3] Cfr. E. PUCCIARELLI, "Tiempo y lenguaje". En: *Escritos de Filosofía*, Buenos Aires, año I, Nº 1 (ene.jun. 1978), §4, p. 172.

[4] *Ibid.*

[5] Cfr. para ello la bibliografía cit. en § 2.

[6] Para la noción de "ortolenguaje" cfr. esp. LORENZEN, P. SCHWEMMER, O. (1973), *vide* bibliografía adjunta.

problema: *¿existe una lógica del tiempo?* Dos dificultades conspiran contra una respuesta afirmativa.

1) Las investigaciones hasta aquí realizadas se despliegan en un siempre creciente número de sistemas de lógica temporal. En su defensa hay que decir que éstos no se presentan aislados, sino articulados en complejas redes de inclusiones o equivalencias deductivas en muchos casos. Muchos de ellos se presentan como sistemas formalizados que intentan reproducir las estructuras temporales de diversas regiones fenoménicas. En términos escolásticos diríamos que la *ratio formalis sub qua*, que permite la constitución de diversos sistemas de lógica del tiempo, *es diversa*, porque las *secundae intentiones* en la constitución de sus objetos lo son: podría hablarse así de "ontologías subregionales" en la región de los fenómenos temporales. Ello dice tanto como que el modo, la intención que ponemos al dirigirnos al fenómeno del tiempo determina regiones de experiencia posible cuya estructura intentamos describir: el problema de la multiplicidad de los sistemas (y de su verdad o falsedad) pierde su importancia, pues es relativa.

Algunas de esas razones formales que configuran regiones de experiencia posible de lo temporal son mencionadas por Pucciarelli en el trabajo citado[7]: el tiempo anímico, el tiempo social y el histórico, el tiempo cósmico y el biológico, sin olvidar, el tiempo crónico y el tiempo de la lengua. Al tiempo anímico y social podríamos agregar el tiempo de la memoria y de la imaginación, como también el tiempo de la acción y el de una forma peculiar de ésta: el tiempo de la discusión racional.

2) La segunda dificultad parece más difícil de eliminar: Si denominamos 'lógica' sólo a aquellos estudios cuyos objetos son de máxima generalidad, carentes de toda especificidad, entonces parece abusivo hablar de una 'lógica del tiempo', cuyos objetos serían sumamente específicos. La objeción valdría también para otras disciplinas denominadas igualmente 'lógica', como las lógicas modal, deóntica, normativa, jurídica, de la acción, etcétera.

Un nombre que osaríamos proponer para la llamada 'lógica del tiempo' sería el de *'cronología formalizante'* o *'teoría formalizante del tiempo'*, entendiendo con ello una *disciplina que estudie y describa con los recursos de un ortolenguaje construido ex profeso y con los recursos de las técnicas deductivas, las estructuras de las distintas regiones de la experiencia en el tiempo.* Otros autores, como Lorenzen[8], prefieren el término *'cronometría'*, entendido como un fragmento de la topología. Este término es más restringido etimológicamente, pero su caracterización parece adecuadamente amplia. La elección del filósofo de Erlangen se funda en el propósito

[7] Cfr. E. Pucciarelli, *op. cit.*, esp. § 2.

[8] P. Lorenzen, *op cit.* en nota 6 y "Die drei mathematischen Grunddisziplinen der Physik", Erlangen, 1978.

que lo anima: la construcción de una teoría matemática del tiempo que sirva como una de las disciplinas fundantes de la física y —posteriormente— de todas las ciencias técnicas.

De lo anterior resulta que no parece existir *de jure* una lógica del tiempo (como tampoco una lógica de la acción, una lógica deóntica, jurídica, etc.), sino más bien una teoría formalizante del tiempo que se despliega en una multitud de sistemas interconectados. Empero admitiremos *de facto* esa denominación que la costumbre ha introducido.

(c) *Organización del trabajo*

El tratamiento podría ser histórico o sistemático. En razón de la brevedad nos hemos decidido por este último. (Tenemos por lo menos veinticuatro siglos de reflexión filosófica y lógica sobre el tiempo). Esta carencia queremos cubrirla con la organización temática siguiente:

2. Una breve bibliografía destinada a orientar al lector y a cubrir las deficiencias históricas y sistemáticas de esta mera introducción.

3. Esbozo de un sistema de "lógica topológica", que admite, como a una de sus interpretaciones, a sistemas de lógica temporal.

4. Breve exposición sintáctica de algunos sistemas "standard" de lógica temporal, a saber, los sistemas K_t, CR, K_b, CL, SL, PL y PC_r. La exposición se basa preferentemente en McArthur (1976), aunque considerando también, entre otros, a Prior (1967) y Rescher-Urquhart (1971). Las breves consideraciones semánticas serán de índole informal. No se introducen desarrollos sobre modalidades temporales ni muchos otros problemas filosóficos desde antiguo emparentados con los problemas de la estructura del tiempo. Para ello remitimos nuevamente a la bibliografía.

5. Al concluir agregaremos algunas reflexiones sobre lo anterior y mencionaremos algunos pocos problemas que juzgamos fundamentales.

Como es habitual en los artículos de lógica prescindiremos, a fin de ahorrar espacio, de la mayor cantidad posible de demostraciones. Los lectores, con pocas instrucciones y el hábito lógico que poseen, pueden reconstruirlas por sí mismos. Como epígrafe hemos elegido un sugestivo texto de Borges que, según veremos, se deja interpretar en algunas de las estructuras temporales que expondremos[9].

---

[9] RESCHER, que es un gran lector de Borges, trata el tema que nos ocupa en nuestro compatriota en sus libros *The Primacy of Practice*, pp. 92-101 y 105-6, y *A Theory of Possibility*, p. 209n.

2. *Indicaciones bibliográficas*

El interés filosófico por el tema del tiempo tiene ya tradición en la Argentina. A las traducciones debemos agregar nombres como el de Eugenio Pucciarelli, quien durante muchísimos años y gran número de trabajos ha intentado el cubrimiento de los distintos aspectos y escuelas de reflexión filosófica sobre el tema, no sólo en su aspecto sistemático, sino también histórico [10]. Su último artículo ya citado *("Tiempo y lenguaje")*, aunque se ocupa predominantemente de la relación indicada, lo hace, empero, en un marco que esboza gran parte de las direcciones de la reflexión contemporánea sobre el tema. Es uno de los primeros artículos en castellano que trata, brevemente, el tema del tiempo en la lógica contemporánea (cfr. pp. 172-4) y menciona una escogida bibliografía especializada sobre lógica temporal (entre otras).

Tal vez la primera colección de artículos sobre el tiempo publicada entre nosotros ha sido la de la *Revista de la Universidad Nacional de La Plata* 18 (1964), con colaboraciones de Armando Asti Vera ("El tiempo en la religión", p.p. 127-50), Félix Cernuschi ("El tiempo físico", p.p. 47-77), Jacobo Kogan ("El tiempo metafísico", p.p. 79-97), Guillermo A. Maci ("El tiempo psíquico", p.p. 99-125), Eugenio Pucciarelli ("El tiempo en la filosofía actual", p.p. 7-45), etc. Sin embargo, *entre nosotros ha faltado literatura sobre la lógica del tiempo* y, por cierto, hasta hoy *carecemos de trabajos en esta disciplina pensados y escritos originariamente en nuestra lengua.* Quien quiera informarse adecuadamente deberá recurrir a otras lenguas, preferentemente al inglés. El propósito de este párrafo es dar al lector algunas referencias bibliográficas basadas en los siguientes criterios: (1) en lo posible no se mencionan artículos; (2) se prefiere mencionar libros recientes que contengan bibliografías amplias, generales o específicas; (3) se agregan trabajos posteriores a los que aparecen en las bibliografías disponibles cuando son especialmente importantes y también trabajos no específicos que aportan nuevas formas de tratar los temas formales del tiempo. Mencionaremos también un par de trabajos de autores contemporáneos que pronto serán publicados y que juzgamos, por los borradores que hemos leído, serán de mucho interés. Algunos de los trabajos mencionados satisfacen más de uno de los criterios. La ordenación será como correspone al tema, cronológica y no alfabética.

A. *Libros y artículos que contienen bibliografías importantes, generales y/o especializadas, sobre teoría formalizada del tiempo.*

1957: Prior, A. N. *Time and Modality.* Oxford, Clarendon Press.
1960: Schuhl, P. M. *Le dominateur et les possibles.* París Presses Universitaires de France. Contiene valiosa bibliografía, anti-

[10] Cfr. p. ej. su trabajo "Aristóteles y los problemas del tiempo", en *Cuadernos de Filosofía,* Buenos Aires, Nº 19 (ene.-feb. 1973), pp. 111-23.

gua y moderna (hasta 1958) sobre el *kyriéuoon lógos*, uno de los temas originarios de la reflexión lógico-filosófica sobre tiempo y modalidad.

1965: COCCHIARELLA,, N. B. *Tense and Modal Logic: A study in the Topology of Temporal Reference*. Los Angeles, University of California. Tesis doctoral del autor: uno de los trabajos fundacionales de la lógica temporal en su forma actual predominante.

1967: PRIOR, A. N. *Past, Present and Future*. Oxford, Clarendon Press. Un ejemplo de claridad, penetración y erudición. Trata prácticamente todo lo importante investigado hasta esa fecha, con extensas referencias históricas.

1968: PRIOR, A. N. *Papers on Time and Tense*. Oxford, Clarendon Press.

1971: RESCHER, N. y URQUHART, A. *Temporal Logic*. Wien/New York, Springer. Obra muy completa con una bibliografía amplia con listado cronológico y alfabético.

1972: FRASER, J. T. et al (ed.) *The Study of Time*. Berlín/Heidelberg/New York, Springer. Excelente colección de artículos y bibliografía.

1973: HINTIKKA, J. *Time and Necessity (Studies in Aristotle's Theory of Modality)*. Oxford, Clarendon Press [2ª ed., 1975]. Como su nombre lo indica, está dedicado a temas históricos, pero contiene, junto a importantes tesis de Hintikka, amplia bibliografía sobre el tema de los futuros contingentes, además de bibliografía general.

1976: MCARTHUR, R. P. *Tense Logic*. Dordrecht/Boston, Reidel. Bibliografía escogida. El libro es ya un clásico, sistemático y breve. Adecuado como introducción a esta disciplina.

1978: PUCCIARELLI, E. "Tiempo y lenguaje". En: *Escritos de Filosofía*, Buenos Aires, año I, Nº 1 (ene-jun. 1978). p.p. 165-89. En p.p. 17, 173, 175, 183, 184 y 187 se encuentran referencias bibliográficas sobre nuestro tema.

B. *Otros libros importantes para la teoría formal del tiempo o que contienen contribuciones sistemáticas o históricas importantes.*

1947: BOCHENSKI, I. M. *La lógique de Théophraste*. Freiburg.

1950: BAUDRY, L. *La querelle des futurs contingents*. París, Vrin.

1953: MATES, B. *Stoic Logic*. Berkeley. Cfr. esp. p.p. 36-41.
MOODY, E. A. *Truth and Consequence in Medieval Logic*. Amsterdam, North-Holland Publ. Co.

1963: WRIGHT, G. H. VON. *Norm and Action. A Logical Enquiry*. London. Routledge and Kegan Paul. Cfr. esp. cap. II ("Logic of Change").

1967: RESCHER, N. *Temporal Modalities in Arabic Logic*. Dordrecht, Reidel.

1973: LORENZEN, P. SCHWEMMER, O. *Konstruktive Logik, Ethik und Wissenschaftstheorie*, Mannheim/Wien/Zürich, Bibliographisches Institut [2ª ed., 1975].

1974: PLANTINGA, A. *The Nature of Necessity.* Oxford, Clarendon Press.
1977: WRIGHT, G. H. VON. *Handlung, Norm und Intention.* Berlín/New York, Walter de Gruyter. Cfr. esp. p.p. 83-103.

C. *Otros trabajos.*

Obras con referencias históricas importantes, aunque de índole más general son por ejemplo:

1956: BOCHENSKI, I. M. *Formale Logik.* Freiburg/München, Karl Alber.
1962: KNEALE, W. y M. *The Development of Logic.* Oxford, Clarendon Press.

Queremos citar tres trabajos de pronta aparición:

1978: LORENZEN, P. "Die drei mathematischen Grunddsziplinen der Physik": el autor expone con precisión qué entiende por *cronología.*
1978: WEIZSÄCKER, C. F. VON. *Aufriss der zeitlichen Logik* (versión preliminar).
1979: BURKHARDT, H. *Geschichte der Modallogik.* Erlangen. Tesis de habilitación, versión preliminar.

Con estas breves indicaciones bibliográficas podrá orientarse el lector interesado. La bibliografía de lógica temporal ha crecido a partir de Findlay (1941) tan vertiginosamente como es habitual en nuestro siglo. Hoy ya ningún especialista puede agotar la bibliografía existente, como antes ya aconteciera con la lógica modal, con la lógica deóntica, y como pronto ocurrirá, si no ha ocurrido ya, con la llamada "lógica de la acción".

3. *Lógica topológica.*

Los trabajos de lógica topológica provienen de N. Rescher y J. Garson (1968) [11]. Aquí resumimos brevemente la última versión de Rescher [12]. Una "lógica topológica" admite numerosas interpretaciones, entre otras sistemas temporales, "lógicas espaciales" (euclidianas, riemannianas, lovachewskianas, en general, de todo lo que en matemática admite una interpretación topológica con parámetros de posición), "lógicas de mundos posibles", etc. Clásicamente se hablaría de tal lógica topológica como de una "variedad" *(Mannigfaltigkeit)* cuyos modelos son una pluralidad de cálculos lógicos y matemáticos. Los elementos notacionales fundamentales son los siguientes:

(1) *letras proposicionales paramétricas:* p, q, r, etc. (o bien, p_1, p_2, p_3, ...). Son funciones proposicionales con un parámetro posicional

---

[11] N. RESCHER Y J. GARSON, "Topological Logic", en: *Journal of Symbolic Logic* 33 (1968), pp. 537-48.

[12] N. RESCHER, Y A. URQUHART, *Temporal Logic*, pp. 13-22.

indefinido. Una interpretación espacial de p sería: '*Allí* hace buen clima'. Una interpretación temporal sería: '*Mañana* habrá examen'. Lo esencial de estas funciones es que sean *posicionalmente indefinidas.*

(2) A, B, etc. representan *fórmulas bien formadas* (fbf.) cualesquiera.

(3) Un *dominio de posiciones D*, cuyos elementos $a, b, c, \ldots$ son posiciones de naturaleza determinada (coordenadas espaciales, temporales, etc.).

(4) Uan *relación posicional binaria P. Pa (p)* es una proposición y se lee: '*p es verdadero (o real) en la posición a*'. Ejemplo temporal: (Ayer alunizó Armstrong) es verdadero en la posición 21/07/1969.

Es criterio de buena formación y por tanto de sentido sintáctico que el dominio de posiciones D y el parámetro indefinido en p sean de la misma especie. La lógica subyacente es clásica bivalente. Los axiomas de la lógica topológica son los siguientes:
A1. $Pa(\neg A) \leftrightarrow \neg Pa(A)$ (En la posición a es verdadero $\neg A$ si y sólo si A no es verdadero en la posición a.)

Para un constructivista tal equivalencia clásica es inaceptable, pues interpretando P como 'en la posición... del segmento inicial de teoría está demostrado que...', la *implicación conversa* pasa de la constatación de la inexistencia actual, en la posición deductiva a, de una demostración de A, a la demostración en a de la imposibilidad de A ($\neg A = A \vdash f$), lo que es constructivamente inadmisible. Constructivamente sólo podemos admitir: $Pa(\neg A) \rightarrow \neg Pa(A)$.

A2. $Pa\ (A\&B) \leftrightarrow Pa(A)\&Pa(B)$ (Si una conjunción $A\&B$ es verdadera en a, entonces A es verdadero en a y B es verdadero en a, y viceversa.)

En la interpretación clásica de Rescher, donde todas las conectivas se pueden reducir al par '$\neg$' y '&', se justifica la siguiente regla de distribución:

R1. *La relación P (determinada por a) se distribuye en todas las conectivas* (demostración por A1,A2 y lógica proposicional clásica).

R2. Si $\vdash A$, entonces $\vdash Pa\ (A)$ (Si A es una tesis, entonces vale en cualquier posición del dominio de posiciones D. Adviértase la vinculación de R2 con la "*necessitation rule*" de la lógica modal en su interpretación temporal.) R1 y R2 permiten deducir la *regla de intercambio de equivalencias:*

R3. Si $\vdash A \leftrightarrow B$ y $\vdash Pa\ (A)$, entonces $\vdash Pa\ (B)$.

En el tercer axioma se cuantifica sobre el dominio D de posiciones:

A3. $(a)Pb(A(a)) \leftrightarrow Pb(a)(A(a))$. Dicho axioma es admisible si se interpretan las cuantificaciones universales como conjunciones indefinidas y se aplica el axioma A2 generalizado trivialmente.

Todos los sistemas de lógica topológica de Rescher contienen estos tres axiomas y la regla primitiva R2 (R1 es derivada). La pluralidad de sistemas aparece con la elección del axioma siguiente. Adoptemos primero el siguiente:

A4. $(a)Pa(A) \rightarrow A$ (Lo verdadero en toda posición puede asertarse sin referencia a posición). El sistema A1—A4, R2 se denomina *sistema P* y está sujeto a las restricciones de que en A3 los dominios de a y b deben ser diferentes y que a no puede aparecer libre en A en A4[13].

La conversa de la implicación de A4 es inadmisible en cualquier sistema topológico, pues colapsaría por equivalente a un sistema de primer orden no posicional. Un teorema inmediato deductivamente equivalente con A4 es el siguiente:

T1. $A \rightarrow (Ea)Pa(A)$.

En el lenguaje cotidiano la aserción no posicional de p equivale a su aserción con el agregado tácito de una *posición privilegiada* ("aquí" en el espacio, "ahora" en el tiempo; así ocurre habitualmente cuando decimos "llueve", o "las gafas están sobre la mesa"). Por ello es razonable introducir una *posición privilegiada* 'o'. Con ella podemos reemplazar el axioma A4 por el siguiente más fuerte:

A4'. $A \leftrightarrow Po\ (A)$.

T1 se deduce de A4' por generalización existencial. Es claro que A4' $\vdash$ A4, pero la conversa no vale. Por tanto el sistema A1—A4', R2, denominado *P'*, es deductivamente más fuerte que *P*. En *P'* es necesaria una *restricción en R2: que 'o' no aparezca en A.*

A continuación se agregan axiomas relativos a la iteración de posiciones. La primera *opción* es tornar dicha iteración *superflua* mediante el siguiente axioma:

A5.1. $Pb(Pa(A)) \leftrightarrow Pa(A)$, con lo que obtenemos el sistema *P1*. Si en vez de A4 adoptamos A4', obtenemos el sistema *P'1*, con las correspondientes restricciones para P'. Partiendo de A3, aplicando al segundo miembro de la equivalencia A5.1 y aplicando nuevamente a dicha fórmula A3 obtenemos, tanto en *P1* como en *P'1*, el siguiente teorema:

T2. $(a)Pb(A) \leftrightarrow Pc((a)Pb(A))$, que dice que un prefijo posicional se puede suprimir delante de expresiones posicionalmente definidas.

En *P'1* son inmediatas, en razón de A4' y A5.1, las equivalencias:

$A \leftrightarrow Po(A) \leftrightarrow Pb(Po(A))$, lo que nos exige, para evitar que el sistema colapse en uno donde *todos* los prefijos posicionales sean

13 Esta restricción no está claramente expresada en RESCHER-URQUHART (1971). Cfr. p p.15 y 149.

superfluos, que la regla *R2 se aplique restrictivamente sólo a fórmulas válidas sin apariciones de 'o'*.

Para lograr sistemas donde la iteración de prefijos posicionales no sea superflua, sino significativa, debemos, por ejemplo, modificar la interpretación de los elementos de *D*. Ahora *a, b, c, . . .* no representarán ya *posiciones*, sino *distancias vectorialmente aditivas*. Correspondientemente se reinterpretan los axiomas anteriores. Así en A4' tendremos, en lugar de una posición, una *distancia privilegiada 'o'*, que corresponde a la *distancia cero*. En reemplazo de A5.1 se introduce el siguiente axioma, que interpreta la iteración de prefijos de distancia como una adición vectorial de éstas:

A5.2$\oplus$. $Pb(Pa(A)) \leftrightarrow P(b \oplus a)(A)$ ($\oplus$: adición vectorial).

P más A5.2$\oplus$ dan el sistema P2$\oplus$, mientras P' más A5.2$\oplus$ proporcionan el sistema P'2$\oplus$, en el cual es obvio valdrán las equivalencias:

$Pa(A) \leftrightarrow Pa(Po(A)) \leftrightarrow P(a \oplus o)(A)$.

La equivalencia deductiva o no de los sistemas anteriores, y en general de los sistemas que admiten adición de prefijos, dependerán de las propiedades métricas de la topología subyacente. Un caso especial supone un dominio lineal de distancias sobre un eje real; la adición es la simple suma algebraica para segmentos reales '+' y su axioma:

A5.2. $Pb(Pa(A)) \leftrightarrow P(b + a)(A)$.

Este sistema topológico se designa habitualmente como P2.

4. *Algunos sistemas axiomáticos de lógica temporal.*

Los operadores fundamentales de estos sistemas —y sus interpretaciones lingüísticas— son los siguientes:

Fp: *"en por lo menos un momento en el futuro* es verdad que *p*".
Pp: *"en por lo menos un momento en el pasado* es verdad que *p*".

Gp: *"en todo momento del futuro* es verdad que *p*".
Hp: *"en todo momento del pasado* es verdad que *p*".

En lo que sigue supondremos la validez de la lógica clásica como lógica subyacente de los sistemas temporales; no obstante ciertas fórmulas, que en los sistemas de tiempo práctico erán inválidas, las marcaremos con un asterisco prefijo. Las siguientes definiciones:

D1. $Pa = \neg H \neg a$
D2. $*Fa = \neg G \neg a$

y la lógica subyacente permiten justificar las siguientes equivalencias:

$\neg\neg Fp \leftrightarrow Fp$;	$\neg\neg Pp \leftrightarrow Pp$;	$\neg\neg Gp \leftrightarrow Gp$;	$\neg\neg Hp \leftrightarrow Hp$;
$F\neg\neg p \leftrightarrow Fp$;	$P\neg\neg p \leftrightarrow Pp$;	$G\neg\neg p \leftrightarrow Gp$;	$H\neg\neg p \leftrightarrow Hp$;
$Pa \leftrightarrow \neg H\neg a$;	$H\neg a \leftrightarrow \neg Pa$;	$P\neg a \leftrightarrow \neg Ha$;	$Ha \leftrightarrow \neg P\neg a$;
$*Fa \leftrightarrow \neg G\neg a$;	$*G\neg a \leftrightarrow \neg Fa$;	$*F\neg a \leftrightarrow \neg Ga$;	$*Ga \leftrightarrow \neg F\neg a$.

(Las implicaciones directas de las marcadas con asterisco son válidas y las conversas inválidas en los sistemas del tiempo práctico; las equivalencias son válidas en los sistemas normales que presentaremos.)

Una aserción omnitemporal dice tanto como: Hp&p&Gp. El *presente* no se señala aquí con ningún signo especial, pues se adopta tácitamente el axioma A4' $(A \leftrightarrow Po\ (A))$ en su forma temporal.

Una versión de la lógica temporal consiste en formalizar en la *sintaxis* axiomas y reglas que conciernen a las ternas *pasado-presente-futuro (sucesiones A* de McTaggart), y en la *semántica* la relación *antes-después (sucesiones B* de McTaggart). Esta relación, que representamos $R(x, y)$ (x es anterior a y), se especifica de diversas maneras, lo que corresponde a interpretaciones de diversos sistemas axiomáticos de lógica temporal (a diversas estructuras posibles del tiempo). Una relación $R(x,y)$ no especificada da la interpretación del *sistema mínimo* K_t (Lemmon 1965), Si $R(x,y)$ es reflexiva, simétrica y transitiva, tenemos el tiempo circular *PCr*. Una $R(x,y)$ irreflexiva, asimétrica y transitiva proporciona un tiempo abierto y su *conexidad* da su linealidad (en la dirección de la conexidad, en el pasado, en el futuro, o en ambas direcciones), en tanto que si $R(x,y)$ es inconexa, el tiempo será ramificado (en una, otra, o ambas direcciones).

(1) *Sistema mínimo* K_t (Lemmon 1965)

Reglas de inferencia: (RG) Si $\vdash$ A, entonces $\vdash$ GA,
(RH) si $\vdash$ A, entonces $\vdash$ HA.

Axiomas: A1. $G(A \rightarrow B) \rightarrow (GA \rightarrow GB)$,
A2. $H(A \rightarrow B) \rightarrow (HA \rightarrow HB)$,
A3. $A \rightarrow GPA$ (Si en el presente A, entonces en todo el futuro existe por lo menos un momento en el pasado en que A: ley de Ockham),
A4. $*A \rightarrow HFA$ (Si en el presente A, entonces en todo el pasado existe por lo menos un momento en el futuro en que A: ley de Hamblin 1958).

Este axioma A4 supone un universo laplaciano. En un tiempo práctico —que admite la acción libre— tal axioma será inadmisible.

Si en un sistema de lógica temporal se obtiene de una fbf. válida otra fbf. válida al substituir simultáneamente F por P, P por F, G por H y H por G, entonces es admisible una regla de dualidad que, siguiendo a Hamblin, denominamos *RIE* o "regla de imagen de espejo" *(mirror-image)*. Observando las reglas y axiomas de K_t vemos que en él se puede demostrar *RIE*. En un tiempo práctico sin A4 (sin determinismo laplaciano) desaparece la admisibilidad de *RIE*, que es una de sus consecuencias formales. Si llamamos $IE(A)$ a la imagen especular de A en K_t, entonces la regla anterior se expresa:

(RIE) Si $\vdash A$, entonces $\vdash IE(A)$.

Es inmediata la equivalencia:

$IE(IE(A)) \leftrightarrow A$.

Algunas tesis importantes de K_t son las siguientes[14]:

T 1. $G(A \rightarrow B) \rightarrow (FA \rightarrow FB)$,
T 2. $H(A \rightarrow B) \rightarrow (PA \rightarrow PB)$,
T 3. $(GA \vee GB) \rightarrow G(A \vee B)$ (conversa obviamente inválida).
T 4. $(HA \vee HB) \rightarrow H(A \vee B)$ (conversa obviamente inválida),
T 5. $F(A \,\&\, B) \rightarrow (FA \,\&\, FB)$ (conversa obviamente inválida),
T 6. $P(A \,\&\, B) \rightarrow (PA \,\&\, PB)$ (conversa obviamente inválida),
T 7. $G(A \,\&\, B) \leftrightarrow (GA \,\&\, GB)$,
T 8. $H(A \,\&\, B) \leftrightarrow (HA \,\&\, HB)$,
T 9. $F(A \vee B) \leftrightarrow (FA \vee FB)$,
T10. $P(A \vee B) \leftrightarrow (PA \vee PB)$,
T11. $PGA \rightarrow A$ (deductivamente equivalente a A4 en K_t, empero es admisible en los sistemas de tiempo práctico),
T12. $FHA \rightarrow A$ (deductivamente equivalente a A3 en K_t),
T13. $*\neg HFA \rightarrow \neg A$ (de A4 y contraposición),
T14. $\neg GPA \rightarrow \neg A$ (de A3 y contraposición),
T15. $\neg A \rightarrow \neg PGA$ (de T11 y contraposición),
T16. $\neg A \rightarrow \neg FHA$ (de T12 y contraposición).

(2) *Sistema CR (o K_c) del "tiempo causal relativista"* (Cocchiarella 1965).

La forma más simple de caracterizarlo es quizá agregando a K_t el axioma:

A5. $FFA \rightarrow FA$ (transitividad en el futuro)

Por *RIE* obtenemos:

T17. $PPA \rightarrow PA$ (transitividad en el pasado)

Otros teoremas inmediatos son:

T18. $GA \rightarrow GGA$,

T19. $HA \rightarrow HHA$.

CR (K_c) es transitivo en su relación $R(x,y)$ y admite la regla *RIE*, característica que, como veremos, no se conserva en todos los sistemas.

---

[14] La exposición sigue en líneas generales el desarrollo de McArthur (1976), aunque con algunas modificaciones y varias adiciones. Hemos tenido también preponderantemente en cuenta los desarrollos de Prior (1967) y Rescher-Urquhart (1971).

(3) *Sistema* K_b (Rescher y Urquhart 1971).

Este es un sistema lineal en el pasado, pero ramificado en el futuro. Se construye a partir de *CR* con el agregado de los axiomas:

A6. $(PA \& PB) \rightarrow (P(A \& B) \vee P(A \& PB) \vee P(PA \& B))$,
A7. $PPA \rightarrow PA$ (cf. T17.),

pero con una restricción importante: la regla *RIE* es inadmisible, pues en tal caso el axioma A6 —que semánticamente expresa la *linealidad del pasado*— permitiría deducir la linealidad del futuro, contra la hipótesis de su ramificación. Adviértase que T17 ya no es teorema, por la ausencia de *RIE*, lo que obliga a introducirlo como *A*7 para preservar la transitividad en el pasado. El sistema K_b se aproxima más a la estructura del tiempo apta para admitir la acción libre. Como interpretación modal de *estilo estoico* equivale a *S*4. Como interpretación de *estilo megárico* es más débil que *S*5 y más fuerte que *B* ("Brouwersches System"), pero su sistema modal correspondiente es aún conjetural. Rescher-Urquhart (1971) suponen que le corresponde el sistema T_2^+ (Ivo Thomas 1964) que agrega a *B* el axioma LLp → LLLp, forma debilitada del axioma típico de S4.

(4) *Sistema CL* (K_1) *del tiempo lineal* (Cocchiarella 1965).

Se agrega a K_b el siguiente axioma:

A8. $(FA \& FB) \rightarrow (F(A \& B) \vee F(A \& FB) \vee F(FA \& B))$,
que expresa la *linealidad en el futuro*. Con él se restablece la simetría de pasado y futuro que permite readmitir la regla *RIE*. Por tanto T 17 vuelve a ser teorema y A 7 se torna superfluo (no-independiente). Interesantes teoremas de *CL*, duales respecto de *RIE*, son:

T20. $(GA \& A \& HA) \rightarrow HGA$,
T21. $(GA \& A \& HA) \rightarrow GHA$,

que Prior utiliza en su axiomatización alternativa de 1967.

(5) *Sistema SL* $(K_1{}^{*}\pm)$ *de tiempo lineal sin comienzo ni fin* (Scott 1965).

Se agrega a CL los siguientes axiomas duales respectos de *RIE*:

A9. $GA \rightarrow FA$ (infinitud en el futuro),
A10. $HA \rightarrow PA$ (infinitud en el pasado).

Dichas infinitudes son estrictas (no triviales) sólo si se supone en su semántica que la relación R(x,y) es antirreflexiva. Esta condición de antirreflexividad es *sintácticamente inexpresable* con ayuda de los operadores temporales. Semánticamente dice $(x)\neg R(x,x)$. Es importante que *la sintaxis de estos sistemas es insuficiente para caracterizar la infinitud estricta*, que requiere el agregado de una restricción semántica. La infinitud estricta no requiere ser interpretada como "actual", basta con que lo sea constructivamente, es decir como infinitud "potencial".

En SL son interesantes los siguientes teoremas:

T22. $*\neg FA \rightarrow F\neg A$,
T23. $\neg PA \rightarrow P\neg A$,
T24. $F(A \rightarrow A)$,
T25. $P(A \rightarrow A)$.

Si agregamos separadamente a *CL* el axioma A9, o A10, pero no ambos, obtenemos respectivamente los sistemas $K_l{}^{\infty}\pm$ de *tiempo lineal sin fin*, y$K_l{}^{\infty}$— de *tiempo lineal sin comienzo* (Rescher-Urquhart 1971), que son fragmentos del sistema SL de Dana Scott.

(6) *Sistema PL ($K_{ld}{}^{\infty}+$) de tiempo denso (racional)* (Prior 1965).

Agregamos al sistema SL el axioma

A11. $FA \rightarrow FFA$

y obtenemos un tiempo racional, es decir denso e infinito en ambas direcciones. Por *RIE* es inmediato el teorema

T26. $PA \rightarrow PPA$.

De A11, T26 y las defs. D1 y D2 se siguen:

T27. $*GGA \rightarrow GA$,
T28. $HHA \rightarrow HA$.

Característicos de PL son los siguientes teoremas:

T29. $GA \rightarrow GPA$,
T30. $HA \rightarrow HFA$.

Una densidad "genuina", no meramente ficticia, presupone que la relación semántica $R(x,y)$ sea *antirreflexiva*, como vimos era también el caso con la infinitud genuina en SL.

(7) *Sistema PCr de tiempo circular* (Prior 1967).

Se agregan al sistema K_t los siguientes axiomas:

A12. $GA \rightarrow A$,
A13. $GA \rightarrow HA$.

Consecuencia de estos extraños axiomas es la equivalencia de los operadores G y H y, respectivamente F y P. La relación $R(x,y)$ es *reflexiva, simétrica* y *transitiva*, es decir una relación de equivalencia.

Los axiomas A5, A6, A7, A8, A9, A10 y A11 se demuestran fácilmente en *PCr*, de modo que éste contiene todas las tesis de los sistemas anteriormente descriptos, siendo así el sistema de lógica temporal deductivamente más fuerte que presentáramos. Teoremas típicos de *PCr* son:

T31. $HA \rightarrow A$ (de A12 por *RIE*),
T32. $HA \rightarrow GA$ (de A13 por *RIE*),
T33. $GA \leftrightarrow HA$ (Conj. A13 y T32),
T34. $FGA \rightarrow A$ (A13, *RG*, T1, T12),
T35. $PHA \rightarrow A$ (T34, *RIE*).

5. *Consideraciones finales*

Por lo menos desde los tiempos de los megáricos es una solución habitual en la semántica de la lógica modal la reducción de los operadores modales a expresiones temporales. Por diversos motivos rechazamos este procedimiento como solución general, especialmente en el caso de las modalidades prácticas (mundo de la acción). Empero una teoría modal con operadores temporales es posible, pero como una teoría mucho más compleja que la semántica temporal de la lógica modal; su primer ejemplo fue quizá la *teoría de las modalidades temporales en el medioevo árabe*[15]. Expondremos no obstante las correspondencias semánticas entre los sistemas temporales esbozados y algunos sistemas de lógica modal cuando sus modalidades primitivas son interpretadas en las dos versiones predominantes: *megárica* y *estoica*. La *posibilidad megárica* se define:

D3. $Ma = Pa \vee a \vee Fa$,

y su interpretación de la *necesidad* es la siguiente:

D4. $La = Ha \;\&\; a \;\&\; Ga$.

Los estoicos son más restrictivos; sus interpretaciones son las siguientes:

D5. $Ma = a \vee Fa$; D6. $La = a \;\&\; Ga$[16].

Las definiciones estoicas se conocen también como *"diodóricas"*, y las megáricas han sido llamadas *"aristotélicas"*, aunque esta denominación no parece tan adecuada, pues si bien Aristóteles hace en ocasiones interpretaciones de tipo megárico, predominarían en él las de estilo estoico. Incluso da, a veces, otra interpretación temporal, a saber:

D7. $La = Pa$; D8. $Xa = Na$ (N = ahora, *now*); D9. $Ma = Fa$[17].

Las correspondencias entre sistemas modales y temporales son las siguientes[18].

---

15 Cfr. N. Rescher, *Temporal Modalities in Arabic Logic*, Dordrecht, Reidel, 1967.

16 Cfr. Prior (1967), esp. cap. 2; Rescher (1971), pp. 4-5; McArthur, p. 42. Hay versiones escolásticas aún más fuertes que las estoicas.

17 Rescher-Urquhart (1971), pp. 5 y 125. Tomado de J. Hintikka (1964), "Aristotle and the 'Master Argument' of Diodorus", en: *American Philosophical Quarterly* 1 (1964), pp. 101-14.

18 Cfr. Rescher-Urquhart (1971), p. 258; McArthur (1976), p. 43.

Sistemas de lógica temporal	*Sistemas modales que corresponden según las definiciones temporales de sus operadores*	
	Estilo estoico	*Estilo megárico*
K_t	T (Feys) (M: von Wright)	B (sistema "brouweriano")
$CR = K_c$	$S4$	B
K_b	$S4$	$T_2{}^+$ (según Rescher)
$CL = K_l$	$S4.3$	$S5$
$SL = K_l{}^{\infty+}$	$S4.3$	$S5$
$PL = K_{ld}{}^{\infty+}$	$S4.3$	$S5$
PCr	$S5$	$S5$

La "ramificación del pasado" admite varias interpretaciones (cfr. los sistemas K_t *y* CR). Lukasiewicz da la siguiente interpretación: "Si del futuro es real hoy sólo la parte causalmente determinada en el tiempo presente... entonces también del pasado es real sólo aquella parte que hoy está todavía activa en sus efectos. Hechos cuyos efectos se han agotado completamente, de modo tal que aun una mente omnisciente no pudiera inferirlos de los hechos que ocurren hoy, pertenecen al reino de la posibilidad. No podemos decir de ellos que *fueron*, sino sólo que fueron *posibles*" [19]. La *posibilidad en el pasado* (gnoseológica) se interpreta temporalmente como *ramificación* según el modelo de Lemmon para S4.2. De esto extrae Lukasiewicz incluso consecuencias morales: "Tenemos entonces la libertad de creer (respecto de nuestros sufrimientos y culpas) que cuando se han agotado todas las consecuencias de aquellos tiempos fatales, incluso si ello sólo ocurre *después* de nuestra muerte, entonces también ellos han sido borrados del mundo de la realidad y han pasado al dominio de la posibilidad" [20].

Otra ramificación gnoseológica del pasado es admisible en la ciencia de la historia, en tanto se proponga como tarea la *reconstrucción racional de los pasados posibles compatibles con el presente*, que por cierto pueden ser múltiples. Dicha historia sería una *ciencia hipotética* (aunque no necesariamente deductiva, pues los pasados posibles no requieren ser concebidos como condiciones suficientes).

Otra puerta abierta a la ramificación del pasado deja también el texto borgiano del epígrafe: nuestro pasado o la serie de sueños puesta como su equivalente—, junto a la caducidad de la memoria

---

[19] Citado por PRIOR (1967), p. 28. Ideas semejantes a la de Lukasiewicz se pueden rastrear desde hace mucho en la historia del pensamiento. Así VOLTAIRE en su *Diccionario filosófico* (artículo "Cadena de los hechos" *in fine*) nos dice: "Pues los acontecimientos presentes no son los hijos de todos los acontecimientos pasados; tienen sus líneas directas; pero hay mil pequeñas líneas colaterales que no sirven para nada. Una vez más lo repetiremos: todo ser tiene padre, pero no todo ser tiene hijos..." (Traducción de Carlos Pujol, Barcelona, Vergara, 1968.)

[20] Cfr. PRIOR, *Ibid* nota anterior.

y la influencia de la imaginación, dejan lugar para la *alteración* del propio pasado y su ramificación: mi vida vivida —mi pasado— se modifica con mi vivir y he vivido tantas vidas, cuantas son —en las "series de sueños" de la memoria y la imaginación— *compatibles* con el presente transeúnte.

La tesis común, compartida al menos desde Aristóteles, asigna linealidad al pasado, si no gnoseológica, al menos ontológica, lo que acontece en los sistemas esbozados a partir de K_b. Empero una doble ramificación en el pasado y en el futuro, *aparentemente concebida como real,* es compatible con la estructura temporal hipotética para la causalidad relativista, tal como ésta se representa en el modelo de universo de Minkowski. Cocchiarella propone como modelo temporal para dicho modelo de universo el sistema $CR = K_t + FFA \rightarrow FA$ (transitividad en el futuro y, como teorema, transitividad en el pasado [cfr. T17.]).

La ramificación del futuro, junto con la linealidad del pasado, caracteriza la estructura temporal del sistema K_b, que parece, por tanto, en consonancia con las últimas interpretaciones temporales de las modalidades en Aristóteles, citadas en las definiciones D7, D8 y D9. La cuestión de la ramificación del futuro es una cuestión controvertida, pues todo depende de qué se entienda por tal ramificación. Para los "realistas" ambas ramas de cada bifurcación se realizan efectivamente y el "mundo real" es simplemente el mundo que nos es privilegiadamente accesible por hallarnos en él. Los "mundos posibles" son los otros mundos reales que no nos son (directamente) accesibles. Un ejemplo de esta idea lo constituye el cuento de Borges "El jardín de los senderos que se bifurcan" [21]. Una elaboración matemática de este cuento de Borges se nos da en el modelo de Everett-Wheeler para la mecánica cuántica [22]. Un mundo tal, que se despliega en una pluralidad creciente de mundos reales (aunque inaccesibles) es lo que Rescher denomina un *"mundo borgiano"*, y la *"hipótesis borgiana"* consiste en creer —según Rescher— que nuestro mundo real es un mundo borgiano [23].

El futuro ramificado puede entenderse también en forma "no-realista", como *alternativa en el acontecer y en la acción*, ya en sentido gnoseológico —pues nuestra capacidad predictiva es limitada aunque se supusiera verdadera la hipótesis determinista laplaciana—, ya en sentido metafísico, si se admite al menos una fuente de indeterminación en el reducido ámbito de la libertad, que es el supuesto básico de una teoría de la acción. Esto nos lleva a la cuestión de la estructura del *tiempo práctico* o tiempo de la acción. Algunas de sus características parecen interesantes. Para comenzar debemos

---

[21] J. L. BORGES, *Ficciones*. Buenos Aires, Emecé, 1968, pp. 95-108.

[22] Cfr. N. RESCHER, *The Primacy of Practice*, pp. 94-6, y B. S. DEWITT, "Quantum Mechanics and Reality", *Physics Today* (sept. 1970), pp. 30-5.

[23] N. RESCHER, The *Primacy of Practice*, pp. 93-4.

precisar qué entendemos por acción. La definición que nos ha parecido hasta aquí más adecuada es la siguiente, debida a von Wright:

"Por acción... se entiende habitualmente una conducta, vista o descrita respecto de un propósito o intención, por tanto como algo dirigido a un fin"[24].

Tal definición parece implicar la libertad, pues no se ve cómo compatibilizarla con un mundo totalmente determinado.

Hay varios sistemas posibles de tiempo de la acción, según se admita, o no, la infinitud en el pasado y/o en el futuro, y según se admita, o no, la "omnisciencia" en el pasado. Si damos una interpretación potencial de infinitud, como pudiendo agregar siempre un *momento práctico* más, no parece objetable un tiempo práctico infinito en el futuro; la admisión de la infinitud del pasado parece una concesión de simetría inocente, que no depara dificultades teóricas.

La versión más fuerte de tiempo práctico admite un cierto tipo de "omnisciencia" en el pasado (claro está que se trata de una "omnisciencia" en un pasado abierto indefinido y en tanto se trate de un conocimiento *relevante* para la acción), en la forma de la hipótesis teórica óptima. Una tal "omnisciencia" es inadmisible para el futuro. Al primer vistazo tendríamos un sistema temporal asimétrico estructuralmente semejante al sistema K_b de Rescher, pero pronto surgen las diferencias. *El tiempo práctico no es un tiempo continuo ni denso*: sus *átomos temporales*, que denominamos *"momentos prácticos"*, son determinados por las unidades de acción (u omisión) consideradas, como por ejemplo "cerrar la puerta", "no cerrar la puerta", etc. Es también la unidad de acción la que permite recortar los momentos prácticos anteriores y posteriores al momento de la acción, es decir sus "condiciones iniciales" y sus "efectos".

El tiempo de la acción *no sólo no es denso* (o sea está constituido por "fragmentos" atómicos de duración), sino que además *carece de una métrica uniforme*: dos unidades prácticas diferentes recortan sucesiones de momentos prácticos diferentes. Los momentos prácticos son extensos y de duración variable, cuando se los proyecta sobre la métrica uniforme del tiempo físico, cuyos momentos se suponen habitualmente sin duración y cuya estructura temporal se concibe como densa y continua.

Otra asimetría interesante surge de la consideración constructivista del conocimiento del futuro. La definición D1 ($PA = \neg H \neg A$) es incluso defendible bajo la interpretación restringida de la omnisciencia en el pasado: con ello las equivalencias correspondientes (cfr. § 4 al comienzo) se dejan justificar fácilmente. En cambio

[24] G. H. von Wright, *Handlung, Norm und Intention (Untersuchungen zur deontischen Logik)*, cap. 8: "Determinismus in der Geschichts— und Sozialwissenschaften. Ein Entwurf", Berlin, Walter de Gruyter, 1977, pp. 139-40. Esta es la más satisfactoria de las definiciones de acción que hemos encontrado en la obra de von Wright hasta el presente. Es también preferible a la dada por Lorenzen-Schwemmer (1973), p. 152. La extensión del tema impide su actual discusión.

la definición D2 ($FA = \neg G \neg A$) es *constructivamente insostenible*, pudiéndose admitir como *válidas* las siguientes implicaciones: $FA \rightarrow \neg G \neg A$, $G \neg A \rightarrow \neg FA$, $F \neg A \rightarrow \neg GA$ y $GA \rightarrow \neg F \neg A$; son en cambio *inválidos* sus condicionales conversos: $* \neg G \neg A \rightarrow FA$, $* \neg FA \rightarrow G \neg A$, $* \neg GA \rightarrow F \neg A$ y $* \neg F \neg A \rightarrow GA$. Esta asimetría torna a los sistemas de tiempo práctico *deductivamente no comparables* con los sistemas clásicos que esbozáramos anteriormente. Esperamos poder exponer en detalle algunas de sus características en otro oportunidad [25].

La Plata, octubre de 1979.

ABSTRACT

Temporal logic is a mainly English-written subject. Spanish and even German-speaking publics are nowadays reading the first specific treatises about it. So the article must have an introductory and general disposition. The author prefers to call temporal logic "a formalizing chronology", or "a formalizing theory of time". He offers a short bibliography, an outline of a "topologic logic" system admitting temporal logic systems as interpretations, a short syntactic explanation of some standard temporal logic systems and a few reflections and pointing out of problems concerning this subject.

[25] Con respecto a las fórmulas inválidas en el tiempo práctico, que son empero clásicamente válidas en los sistemas normales que hemos presentado, recuérdense a modo de ejemplo las señaladas anteriormente en el texto con un asterisco, a saber, D2, A4, T13, T22 y T27.