Hacia la era de las TIC*

Jorge Aguirre**

La capacidad del hombre de apreciar distintas cantidades de objetos surge de construcciones culturales; sin ellas esta capacidad está sumamente limitada, curiosamente, más que la de algunos animales. De estas construcciones culturales surge el concepto más avanzado de número, que engloba a todas las cantidades. Aquí se recorrerá sinópticamente la historia de esas construcciones en las distintas civilizaciones. La interpretación cardinal y la ordinal del número; cómo esta última induce a construir una forma de nombrar o representar al número siguiente de cualquier otro, permitiendo así referirse a números tan grandes como se desee. Se hablará de los sistemas posicionales, de su carácter ordinal, la brevedad de sus representaciones y sus ventajas operativas, de cómo grandes civilizaciones no llegaron a tener un sistema posicional y de cómo en las europeas recién comenzó su uso en el siglo XIII. Se verá el gran adelanto en tal sentido de las civilizaciones Maya y Azteca que tenían un sistema posicional moderno, mucho antes de que estos sistemas fueran adoptados en Europa y se formularán hipótesis sobre la vinculación del desarrollo de estas construcciones con la necesidad de realizar largos cálculos impuesta por la astronomía. Luego se seguirá la evolución de las formas de representación numérica orientadas a dispositivos capaces de automatizar operaciones. Se echará una mirada panorámica sobre la evolución de esos dispositivos y sus formas operativas de representación numérica. Finalmente se verá cómo necesidades sociales, económicas y políticas conducen al más elaborado de esos dispositivos, la computadora digital, basada en el bit, y finalmente a su integración con las comunicaciones, iniciando así la era de las TIC.

Palabras clave: sistema de numeración, dispositivos de cálculo, computadora, TIC

It is shown that the human capacity to refer to quantities arises from cultural constructions and how these constructions lead to the concept of number and its representation. We tell how such constructions took place in some civilizations. We refer to the cardinal and ordinal approach, to positional number systems and their advantages and to the advanced number systems attained by the main American civilizations. Later, we present the development of devices for the automation of arithmetic operations and, finally, we show how imperious social needs lead to the development of digital computers and to the integration of them with communication technology, giving birth to the age of ICT.

***Key words**: Numbers system, calculating devices, computer, ICT*

---

* Este trabajo ha sido realizado en el marco del proyecto SAMCA, subsidiado por la SCyT-UNRC y la SPC-Ministerio de Ciencia y Tecnología, Gobierno de Córdoba, Argentina.

** Departamento de Computación FCEF-QyN, Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina. Correo electrónico: jaguirre@dc.exa.unrc.edu.ar.

1. Un salto cualitativo

El 21 de junio de 1948, en la Universidad de Manchester, Reino Unido, se ejecutó por primera vez un programa en una computadora que respetaba el modelo de las actuales

> "y nada volvió a ser lo mismo nuevamente".

Efectivamente, como dijo de ese momento memorable uno de los constructores de esa pequeña computadora (Freddie Williams), nada volvió a ser lo mismo nuevamente: se iniciaba el camino que nos conduciría a la era de la Informática; para bien o para mal, la computadora y sus programas iban a impregnar todos los hilos de la urdiembre que sostiene la trama de nuestras relaciones sociales y productivas; se iba a fusionar con las comunicaciones, a insertar en todos los dispositivos de control, de automóviles, aviones, cámaras fotográficas y celulares; iba a permitir llegar a la luna, encontrar el genoma humano, ver nuestro interior en varias dimensiones, construir robots que juegan *football* o ajedrez o escrutan remotos planetas o refugios de presuntos enemigos.

2. El largo camino recorrido previamente

2.1. El sentido del número

Como dice Tobias Dantzig (en su fascinante libro *Número: El lenguaje de la Ciencia*), varias especies animales poseen en su patrimonio genético un sentido numérico, al menos para algunas cantidades. Al respecto, muestra que puede verificarse experimentalmente que los cuervos diferencian conjuntos de uno, dos y tres elementos entre sí, aunque no diferencian los de tres de los de cuatro. Esto podría llevar a decir que cuentan hasta tres, pero ya veremos que el contar no es la única forma de reconocer los números. También ciertos insectos pueden, de alguna manera, reconocer ciertas cantidades; al respecto, dice Dantzig hablando de las avispas: "Pero lo más asombroso es lo que ocurre con el género *emenus*, en el que el macho es bastante más pequeño que la hembra. De alguna manera misteriosa la madre sabe si el huevo producirá un macho o una hembra" y entonces coloca en cada celda de su panal (celda que contiene un huevo y alojará a una futura larva) cinco orugas si corresponde a un macho y diez si corresponde a un hembra.

Sin embargo estas habilidades, presentes en algunas especies animales (aunque pocas), están muy lejos de ser dotes naturales del hombre. Es fácil hacer la autocomprobación de lo inútiles que somos para diferenciar distintas cantidades de objetos similares si nos prohibimos utilizar las herramientas de que nos dota la cultura (contar, relacionar con los dedos o relacionar de alguna manera biunívoca cada elemento del conjunto a evaluar con uno de otro conjunto conocido). Al respecto, la antropología ha mostrado que algunas lenguas primitivas sólo tienen palabras para nombrar uno, dos o muchos. En algunos idiomas modernos aún quedan vestigios de aquella limitación, mostrando que de una misma raíz derivan las palabras actuales que significan tres o muchos (como en francés trois y très) mientras que en latín la palabra *tre* y en inglés *Thrice* comparten los dos significados (Dantzig, 1947).

2.2. Creaciones culturales referentes a las cantidades

Es de suponer que en cuanto la actividad del hombre implicó el manejo de conjuntos de una cantidad de elementos relativamente elevada, por ejemplo cuando logró domesticar animales y debió garantizar que todos los ejemplares que había llevado a pacer regresaran a sus corrales, debió comenzar a representar de alguna la manera a las cantidades concretas. Existen vestigios en los posteriores sistemas de numeración y en huellas filológicas del uso de los dedos a tal efecto (Dantzig, 1947).

2.2.1. Números cardinales y ordinales

Hay dos aproximaciones al concepto de número, la cardinal y la ordinal.[1] Veamos de qué se trata. Para conjuntos finitos, en la aproximación cardinal, el número resulta de abstraer la posibilidad de poner en correspondencia biunívoca a los elementos de dos conjuntos, mientras que en la ordinal se establece un orden en la representación de cantidades, luego se determina cuál es la representación que corresponde a un conjunto dado recorriendo uno a uno los elementos del conjunto y simultáneamente siguiendo el orden establecido en las representaciones; aquella representación a la que hayamos llegado al agotar los elementos del conjunto será la que corresponda a la cantidad de elementos del conjunto. Los dedos pueden ser usados en cualquiera de los dos criterios: si tres dedos cualesquiera representan la cantidad "3" estamos usando el criterio cardinal; mientras que si hemos fijado que el orden de los dedos se inicia en el pulgar de la mano izquierda y los recorre hasta el meñique, el dedo mayor para cualquier conjunto de tres elementos representará su cantidad. Una verificación cardinal de que la cantidad de cabras que ingresan al corral es la misma que las que fueron sacadas a pacer puede hacerse colocando una piedrita en una bolsa al sacar cada una y luego extrayendo una piedra cada vez que ingrese una cabra al corral. Este último procedimiento no puede adaptarse al criterio ordinal, ya que las piedritas no son identificables. Por el contrario, si se cuentan las cabras se estará usando el criterio ordinal.

2.2.2. Los sistemas de numeración

Todas las civilizaciones que han llegado a cierto grado de complejidad han contado con algún sistema de numeración; éste consiste en un conjunto de símbolos y reglas que permiten representar una cantidad dada. Dentro de los sistemas de numeración se destacan los que llamaremos sistemas posicionales de numeración;[2] estos sistemas cuentan con una base b (número entero positivo) y un conjunto de b símbolos, denominados cifras o dígitos, que representan a los números de 0 a la base -1.

En estos sistemas la expresión $D_n\ D_{n-1}\ldots D_2\ D_1\ D_0$ (donde los D_i son dígitos del sistema) representará al número

$$D_n b^{n} + D_{n-1} b^{n-1} \ldots + D_2 b^{2} + D_1^{1} + D_0 \ (b^0=1)$$

Así en el sistema ternario (b=3) los símbolos o dígitos serán 0, 1 o 2 (de 0 a 3-1).

Contemos los números hasta 7 y escribamos sus representaciones en base 3, obtendremos: 1, 2, 10, 11, 12, 20, 21, que equivalen en sistema decimal a 1 2 3 4 5 6 7.

Los sistemas posicionales presentan grandes ventajas; entre ellas se destacan: el hecho de su carácter ordinal que permite que siempre sepamos escribir el siguiente de cualquier número, por grande que éste sea; su economía representativa, ya que la

---

[1] Estas dos aproximaciones perduran en la matemática moderna y comprenden tanto a cantidades finitas como infinitas (un tratamiento riguroso del tema es presentado por W. Sierpinsky en *Ordinal and Cardinal numbers*, 1958). El tratamiento formal para números enteros puede verse en el primer tomo del tratado de Rey Pastor, 1961).

[2] También suele usarse el término de manera más laxa haciendo referencia a que en el sistema, la posición tiene significado; por ejemplo, que en el sistema Romano I sume a la derecha de V y reste a su izquierda. Pero con la definición que usaremos, el sistema Romano no es un sistema posicional.

longitud de la representación de un número crece muy lentamente respecto de su magnitud, y finalmente, la facilidad conque en ellos se pueden realizar las cuatro operaciones aritméticas básicas (+, -, *, /), para lo cual basta conocer las tablas de sumar y multiplicar en la base dada y aplicar las mismas reglas que las del sistema decimal que usamos actualmente. [3] [4]

2.3. Los sistemas posicionales de numeración, precocidad de América precolombina

Pese a sus ventajas, los sistemas posicionales de numeración no han integrado el patrimonio cultural de grandes civilizaciones. No los usaron los griegos ni los romanos ni se usaron en Europa Occidental hasta el siglo XIII de nuestra era, cuando Leonardo de Pisa (también llamado Fibonacci) difundió el sistema decimal que actualmente usamos y que había aprendido de los árabes.

La primera civilización que se conoce que utilizara un sistema posicional, comprendido en la definición que hemos dado en la sección anterior, fue la de los babilonios, 2000 años antes de Cristo. También los usaron, mucho después, los hindúes y los árabes en el continente euroasiático.

2.3.1. Una invención europea que no pasó de un juego intelectual

En el siglo III AC, el matemático griego Arquímedes de Siracusa, en un escrito conocido como el *Arenarius* (Dantzig, 1947), introdujo y usó un sistema posicional de base 26 cuyos cifras eran las 26 letras griegas. En él sostuvo que la afirmación de un poeta “infinito como las arenas de la mar” es incorrecta, que el número de granos de arena del mar es finito y, es más, que también es finita la cantidad de granos de arena que ocuparan todo el Universo y que además él va a poder nombrar a esa cantidad (en esa época se creía que el universo era finito, limitado por la esfera de las estrellas fijas, cuyo diámetro también se creía conocer). Para demostrarlo Arquímedes crea el sistema mencionado, cuenta la cantidad de granos de arena que entran en un pequeño volumen y a partir de allí calcula, realizando las cuentas en su sistema de numeración la cantidad que cabría en la esfera que limita el Universo. Obteniendo una expresión que representa (nombra) a esa cantidad. Sin embargo, la filosofía de entonces no concedía importancia a las formas de calcular, que eran cosa de artesanos o esclavos especializados en ello. Así, la importante invención de Arquímedes pasó inadvertida por falta de interés social.

---

[3] La longitud de la representación de un número n crece según $\log_b(n)$.

[4] El tamaño de las tablas es b * b, o sea 100 en el decimal, 9 en el ternario y 4 en el binario.

2.3.2. Los sistemas posicionales en América precolombina

Los mayas, cuya civilización existe desde 2500 años antes de Cristo (Boixados y Palermo, 2000), desarrollaron su sistema posicional de numeración entre 400 y 500 años antes de Cristo, sistema que luego también fue utilizado por los aztecas (Boixados, Palermo y Rojas, 1999). La base del sistema maya era 20 y las cifras se formaban mediante barras horizontales que representaban 5 unidades y puntos que representaban una. Esta forma de construir los dígitos les permitía operar con una especie de ábacos que se formaban disponiendo para cada número una columna de valvas de mariscos, cada una de las cuales contenía la representación de un dígito. Para las rayas usaban vainas de un vegetal y para las unidades, semillas. De esta manera, contando y reemplazando semillas y vainas, se puede sumar o restar sin necesidad de saber las tablas. El cero se representaba con una valva vacía. Todo esto se trasladaba a notación escrita de manera muy directa.

Los mayas desarrollaron importantes conocimientos astronómicos, predecían eclipses, conocían con precisión el ciclo de Venus y el de ellos es nuestro actual calendario, que fue adoptado por el Papa Gregorio XIII en 1582 para suplir las deficiencias del que se usaba (Juliano). Sin duda, estos avances, que implicaban complejos cálculos, habrán sido causa y efecto de la construcción del avanzado sistema de numeración maya. Es de señalar que otro pueblo de astrónomos, los babilonios, también poseyó un sistema posicional (de base 60) cuyos símbolos también se formaban contando como los de los mayas a partir de dos grafismos una cuña vertical para representar 1 y otra horizontal para representar 10, mientras que el dígito 0 se representaba mediante dos cuñas horizontales superpuestas.

Los incas también fueron importantes astrónomos y resolvieron complicados sistemas logísticos, sin duda gracias a que llegaron a diseñar un sistema posicional decimal. En este caso, los números se representaban sobre cuerdas (quipus), en las que cada dígito se representaba mediante la cantidad de nudos que indicaba.

Es importante tener en cuenta que la visión general de los sistemas de numeración posicionales que hemos presentado en § 2.2 es la actual, sin duda muy distante de la que tendrían aún los miembros más ilustrados de las civilizaciones que los usaron en el pasado, quienes seguramente verían a su sistema no como una instancia de un esquema general sino como el único, quizás inherente al mismo concepto de número.

2.4. Invención del sistema binario

Leibniz (1646-1716) inventó el sistema binario cuya base es 2, y por lo tanto sólo hay dos símbolos o cifras: 0 y 1. En el sistema binario, según lo dicho en § 2.2, los números de 0 a 8 se representarán como: 0, 1, 10, 11, 100, 101, 110, 111 y 1000. La base 2 es la más pequeña para la cual la longitud de la representación tiene un crecimiento logarítmico respecto del crecimiento del número representado; pues si la base es uno, el sistema posicional (en este caso *monádico*) coincide con la forma cardinal de representación mediante palotes, en la cual la longitud de la representación del número n es n.

La característica más destacable del sistema binario es que cada dígito se puede representar mediante un sistema de dos estados o *biestable* (dos sentidos de magnetización, presencia y ausencia, pasaje de corriente o no, etc.) que luego sería llamado bit. Por otra parte, también es importante que las tablas de las operaciones en el sistema binario son tan sólo de 2 x 2 valores para cada operación.

Para Leibniz, pese a que había hecho contribuciones monumentales a la ciencia, el descubrimiento del sistema binario fue muy importante y le asignó un alto valor filosófico, debido a que con sólo dos elementos se podía representar al Número, objeto fundamental de la Matemática.[5] Sin embargo su invención iba a ser recordada fundamentalmente por su alto valor tecnológico cuando se inicie la era de la Informática.

3. La creciente necesidad social de computar

A partir del siglo XVI, en la civilización europea comienza un crecimiento acelerado de la ciencia y tecnología mientras que las civilizaciones americanas son sometidas y diezmadas, perdiéndose magníficos patrimonios de su cultura; ciudades enteras son demolidas y sobre ellas se erigen ciudades coloniales, como sucede con Tenochtitlan y Cuzco y millares de libros mayas y aztecas (anahtes o códices) son quemados, al punto que perduran sólo menos de cinco ejemplares.

América no es ajena al crecimiento europeo; de ella fluyen enormes cantidades de oro y otros productos que van a cambiar las relaciones de capital y los hábitos alimenticios europeos y evitar las hambrunas anteriores.

El crecimiento científico tecnológico europeo, que luego llegará a sus colonias, va a demandar cada vez más la realización de cómputos, que serán cada vez más complejos, y a partir del siglo XVIII las revoluciones industriales exacerbarán esa demanda.

Los logros tendientes a satisfacer las crecientes necesidades de cálculo pasarán por:

- El invento de los logaritmos de John Napier en 1614 y de su tabulación decimal realizada por Briggs.[6]
- La máquina sumadora de Pascal y luego la de Leibniz.
- Los diseños comerciales de máquinas de cálculo, primero mecánicas y luego electromecánicas.
- Las reglas de cálculo y mecanismos analógicos para aplicaciones específicas como intégrafos y mareógrafos.

Estos dispositivos operaban sobre representaciones digitales o analógicas de los valores sobre los que operaban; en el segundo caso (reglas de cálculo, integráfos), el número se representaba, por analogía, como una longitud, mientras que en el primero (sumadoras, máquinas de calcular) cada número se representaba en sistema decimal, donde cada dígito solía estar constituido por una posición de una rueda con diez dientes o una configuración de relés.

4. Necesidad imperiosa de computadoras

Cuando se gestaba la segunda guerra mundial, a fines de los años 30, ya se contaba con elaborados dispositivos de cálculo, máquinas de oficina que permitían realizar las cuatro operaciones básicas y reglas de cálculo de bolsillo o de largas extensiones que permitían, con variada precisión, multiplicar, dividir, calcular potencias y raíces

---

[5] El filosofo-matemático argentino-estadounidense Gregorio Chaitin (Cahitin, 2005) también asigna suma importancia a las cadenas binarias, a partir de las cuales fundamenta el concepto de aleatoriedad y una axiomatización del concepto de vida.

[6] Los logaritmos permiten realizar productos mediante sumas, potencias mediante multiplicaciones y raíces mediante divisiones usando tablas de logaritmos. Fueron así un asistente indispensable de los calculistas desde su invención.

cuadradas u obtener valores de las funciones más usadas en ingeniería.[7] También estaban satisfechas las necesidades de procesamiento de grandes conjuntos de información de organizaciones estatales, industriales o comerciales. Para esto último se usaban tarjetas perforadas para almacenar los datos y las máquinas de registro directo para su proceso (también llamadas máquinas Hollerith, que comercializaron primero Hollerit y luego IBM y Burroughs).

Sin embargo, por estos medios resultaba imposible la realización automática de aquellos cálculos complejos que insumieran una elevada cantidad de operaciones y exigieran la toma de decisiones sobre la elección de uno entre varios caminos de cálculo según los resultados parciales que se fueran obteniendo. La guerra planteó como urgente e imprescindible la realización automática de ese tipo de procesos de cálculo (Ceruzzi, 2003).

Una fuente de esta urgencia fue la necesidad de cifrar mensajes de manera que sólo pudieran conocer su información aquellos que tuvieran la clave. Esto resultaba vital, ya que gran parte de los mensajes se enviaban por radio (por ejemplo, el alto mando a buques o submarinos ubicados en cualquier región del planeta) y en consecuencia, eran escuchados tanto por las fuerzas propias como las enemigas. Esto lo resolvió el ejército alemán con las máquinas Enigma para mensajes tácticos entre lugares próximos, y la SZ-4 para mensajes de mayor importancia y enviados a lugares lejanos. Ellas eran capaces de cifrar automáticamente un mensaje y de descifrarlo si se conocía la clave con que había sido cifrado. Esto mediante un riguroso uso de libros de claves permitía hacer llegar mensajes desde cualquier lugar a cualquier otro, sin que el enemigo pudiera saber qué decían. Se comprenderá la importancia que tenía para Inglaterra y sus aliados poderlos descifrar. Basta pensar, como ejemplo, que los submarinos alemanes surcaban todos los mares y mediante estos mensajes se les podía indicar la posición de los buques o convoyes que debían atacar, sin que los aliados se enteraran de que habían recibido esta indicación. Por tanto, la necesidad de descifrarlos sin conocer la clave (o sea, de desentrañar la clave) era también crucial, y esto es mucho más difícil que el cifrado. Y requiere procesos complejos de cálculo con tomas de decisiones intermedias; este tipo de procesamiento automático también era necesario para satisfacer la enorme necesidad de cálculos balísticos y los de la compleja logística de aprovisionamiento.

Así se despertó un imperioso interés por el desarrollo y construcción de máquinas que sí pudieran ejecutar automáticamente estos procesos: las futuras computadoras. Esto en ambos bandos. Nos centraremos en las construcciones de los aliados.

La oficina de investigaciones del sistema de correo británico contrató a Alan Turing, quien dirigió la construcción de una máquina destinada descifrar los mensajes cifrados por la SZ-4, a la que denominaron Colossus. Con ella lograron descifrar los mensajes alemanes. La Colossus funcionó desde febrero de 1944 hasta el final de guerra y se construyeron diez unidades.

En la Universidad de Pensilvania se construyó una máquina de propósitos más generales, a la que se llamó ENIAC; para programarla se usaban unos tableros con numerosas bocas de conexión; el programa se lograba conectando entre sí, mediante cables, a pares de estas bocas (técnica también usada en las máquinas procesadoras de tarjetas perforadas ya mencionadas). La ENIAC era enorme: tenía 15.000 relés y 17.000 válvulas.

---

[7] Esto se lograba con sólo desplazar una reglilla que se deslizaba en la parte central de la regla; se disponía también de un cursor móvil como auxiliar para marcar y leer posiciones.

El laboratorio de balística de EE UU también decidió construir una computadora, para lo cual le encargó a un brillante intelectual, el físico y matemático von Neumann, que realizara un informe sobre cuáles eran las características más importantes que debía tener. A mediados del 45, Von Neumann entregó su informe, que fija las características que debe tener una computadora, modelo que se conoce como “modelo de Von Neumann”. A partir de entonces, todas las computadoras responden a ese modelo. Sus principios básicos son: tanto datos como programa deben almacenarse en sistema binario, datos y programa pueden manipularse de la misma forma y ambos deben ser accedidos a velocidades electrónicas. La base de la construcción de computadoras es pues la construcción del bit (del que hemos hablado en § 2.4).

5. Nace la era de la Informática

El salto cualitativo al que se refiere la primera sección de este trabajo es el fin de la búsqueda de demostrar la viabilidad del modelo de Von Neumann, o sea construir un prototipo de computadora que respete el modelo y, por ende, obtener una implementación económica y masiva de bits a la que se acceda a velocidades electrónicas.

La historia comienza cuando Teddie Williams logra almacenar y leer a velocidades electrónicas un bit de información (o sea, indistintamente un cero o un uno). Para almacenarlo usa un tubo de rayos catódicos, tubos que terminan en una pantalla (una pantalla como la de los televisores convencionales o de una PC). Luego, junto con Tom Killburn, ya en la Universidad de Manchester (Gran Bretaña), consiguen almacenar, a comienzos de 1948, 2048 bits en la pantalla. Pero hay que verificar que ellos puedan ser leídos y modificados, también a velocidades electrónicas. Para lograr esto deciden probar la factibilidad de construir una computadora según el modelo de Von Neumann; nace así la pequeña computadora del principio de este trabajo, a la que llaman “Baby”; la construyen durante la primera mitad de 1948. Cuando la terminan llega el momento de probar su funcionamiento.

Para seguir la aventura de la primera prueba hace falta conocer algunos de detalles sobre la Baby; echemos una mirado sobre ella:

La Baby tiene tres pantallas operativas: una es la memoria, las otras cumplen funciones auxiliares. Los bits se ven como puntitos luminosos si contienen un 0 y como rayitas luminosas si contienen un 1. No se pueden ver los bits de las pantallas operativas, pues están tapadas por una placa, usada en el mecanismo de manipulación de sus bits. Por eso hay una cuarta pantalla (Display) que está descubierta; ella replica la información almacenada en cualquiera de las otras tres a elección y permite observar sus bits. La carga de la información se hace a mano y los resultados hay que leerlos bit a bit en la pantalla Display.

Para probarla se eligió un pequeño programa, que dado un número n debe calcular su máximo divisor propio (si el número es 24 el resultado debe ser 12, pues los divisores de 24 son 2, 3, 4, 6, 8 y 12).

La primera prueba se hizo con un número muy pequeño; Freddie Williams la relata de la siguiente manera:

> “El programa fue laboriosamente ingresado y se oprimió la tecla de inicio. Inmediatamente las manchas sobre la pantalla entraron en una loca danza. En las primeras pruebas, esta fue una danza de la muerte, que conducía a resultados inútiles y siempre malos, sin que facilitaran ninguna idea de que es lo que estaba mal.
>
> Pero un día, la danza se detuvo, y entonces, brillantemente iluminada en los lugares previstos, estaba la respuesta esperada.
>
> Éste fue un momento para recordar. Esto pasó el 21 de junio de 1948, y nada volvió a ser lo mismo nuevamente”.

A la última frase se la puede interpretar subjetivamente. Todo aquel que ha trabajado en investigación o en cualquier proceso de construcción compleja siente la culminación de ciertas etapas claves como un alumbramiento; el nacimiento de un nuevo objeto o idea trabajosamente obtenido es visto como el nuevo ser en un parto esperado… y toda la percepción del mundo en ese momento de gloria es distinta y nunca volverá a ser igual.

Williams se referiría a esta situación subjetiva… ¿o se daba cuenta de que realmente el mundo había cambiado, objetiva e irremediablemente?

Bibliografía

DANTZIG, T. (1947): *Número: El Lenguaje de la Ciencia*, Argentina, Librería del Colegio.

SIERPINSKI, W. (1958): *Ordinal and Cardinal Numbers*, Naukowe, Pańistwowe Wydawn.

REY PASTOR, J., PI CALLEJA, P. y TREJO, C. A. (1961): *Análisis Matemático*, Volúmen I, Buenos Aires, Editorial Kapelusz.

BOIXADOS, R. E. y PALERMO, M. A. (2000): *Los Mayas*, Buenos Aires, Libros del Quirquincho.

BOIXADOS, R. E., PALERMO, M. A. y ROJAS, O. (1999): *Los Aztecas*, Buenos Aires, Libros del Quirquincho.

CHAITIN, G. (2005): *METHA MATH. The Quest for Omega*, Nueva York, Pantheon Books.

CERUZZI, P. E. (2003): *A History of Modern Computing*, Cambridge, Massachusetts, The MIT Press.