La crítica de Berkeley al Cálculo de Newton

Berkeley's critique to the Newton's calculus

Mauricio Algalán Meneses
Universidad Nacional Autónoma de México
ORCID: 0000-0003-3553-2472

Resumen

En este artículo expongo las críticas que presenta George Berkeley, filósofo y Obispo de Cloyne, a la noción de fluxón que Newton introduce en su desarrollo del cálculo fluxional. En su propuesta Isaac Newton considera que se puede hablar de dos tipos de puntos: los puntos sin dimensiones y aquellos que surgen del movimiento y que pueden tener alguna clase de medida/magnitud/métrica, es gracias a la existencia de estos últimos que Newton puede realizar el cálculo de la fluxión aun cuando al final del procedimiento, vuelva a considerarlo como un punto sin dimensiones. Una vez expuesta la propuesta de Newton sobre las fluxiones, presentaré la crítica de Berkeley a diversos elementos tanto conceptuales como metodológicos del trabajo de su predecesor, Finalmente ofreceré algunas conclusiones acerca de la validez de las críticas del obispo de Cloyne a Newton.

Abstract

In this article I expose the criticisms presented by George Berkeley, philosopher and Bishop of Cloyne, to the notion of fluxon that Newton introduces in his development of differential and integral calculus. In his proposal Isaac Newton considers that one can speak of two types of points: the points without dimensions and those that arise from the movement and that may have some kind of metric, it is thanks to the existence of the latter that Newton can perform the calculation of the fluxion even when at the end of the procedure, consider it again as a point without dimensions. Once exposed Newton's proposal on fluxions, I will present Berkeley's critique of various conceptual and methodological elements of his predecessor's work. Finally, I will offer some conclusions about the validity of the criticism of the Bishop of Cloyne to Newton.

Palabras clave

Newton, Berkeley, punto, medida, magnitud, movimiento, monadas.

Keywords

Newton, Berkeley, point, metric, movement, monads.
Fecha de recepción: Enero 2020
Fecha de aceptación: Mayo 2020

Introducción

El texto "El Analista"[1] es un escrito que irrumpió en la escena matemática de la modernidad post-newtoniana con particular fuerza en Inglaterra[2]. El autor de este texto, Berkeley, siendo principalmente filósofo, criticó la práctica matemática moderna más promisoria de aquella época: los *cálculos* de Newton y Leibniz.

Berkeley cuestiona las bases de los cálculos tanto en su parte geométrica, como en su parte algebraica. En esta exposición me concentraré únicamente en la parte geométrica del cálculo de Newton y las críticas vertidas por Berkeley acerca de este tema.

Un punto importante que pongo a consideración es que para el Obispo de Cloyne, los cálculos de Newton y Leibniz son el secreto para develar la naturaleza por lo cual todo matemático, (al que llama geómetra) que se precie de serlo, estará interesado en el tema[3]. Sin embargo, la utilidad del método no significa que dicho método sea matemático o se pueda generalizar. Berkeley estaba interesado en conocer si el método era *claro u oscuro, consistente o inconsistente, demostrativo o precario*, por lo que presenta el escrito del *Analista* para que todo lector interesado haga su propio juicio[4].

La perspectiva de Newton

Desde la perspectiva de Newton, se pueden entender los puntos, momentos y/o límites de dos maneras: como algo sin partes o sin anchura si el límite es una línea, o como un lugar donde se conjuntan varias figuras o elementos geométricos y que puede tener alguna métrica, medida y/o magnitud.

Me baso en el manuscrito publicado póstumamente llamado *De gravitatione e æquipondo fluidorum*[5] y en la *Introducción a la Cuadratura de las Curvas*[6]:Para Newton, las ciencias matemáticas y la filosofía natural se han de demostrar mediante proposiciones individuales, de manera estricta y geométricamente, a partir de primeros principios. Newton considera que ambas disciplinas son afines[7]. Para él, las propiedades que se requieren para entender el movimiento se

---

1 George Berkeley, "El Analista", en *Los escritos matemáticos de George Berkeley*, ed. José A. Robles, Traducido por José Antonio Robles (México: Instituto de Investigaciones Filosóficas, 2006).

2 Nicolò Guicciardini, *The Development of Newtonian Calculus in Britain 1700-1800* (Cambridge University Press, 2003), P. 38.

3 Berkeley, "El Analista", §3.

4 Ibídem.

5 Isaac Newton, "De gravitatione et æquipondio fuidorum", en *De Newton y los Newtonianos* eds Lauria Benítez Grobet y José A. Robles García (Quilmes: Universidad Nacional de Quilmes, 2006), 29-6.

6 Isaac Newton, *Itroduction to the Quadrature of Curves*, trad. al inglés por John Harris, ed D. R Wilkins (Dublin: School of Mathematics Trinity College, 2014).

7 Newton, "De gravitatione et æquipondio fuidorum", Pág. 29.

pueden estudiar con figuras abstractas, de la misma forma en que los geómetras consideran a éstas cuando les asignan movimiento[8]. Para Newton los límites de las figuras estáticas y los límites generados por el movimiento son diferentes:

> Por doquier, el espacio puede distinguirse en partes cuyos límites comunes [*terminos communes*] usualmente denominamos superficies y éstas, por doquier, pueden distinguirse en partes, cuyos límites denominamos líneas y, asimismo, éstas, por doquier, las podemos distinguir en partes que denominamos puntos. Y, por tanto, las superficies no tienen profundidad, ni las líneas ancho, ni los puntos dimensiones, **a menos que se diga que los espacios bordeantes [spatia contermina] se penetran mutuamente en toda la profundidad de la superficie entre ellos, esto es, a la que he dicho que es la frontera entre ambos o su extremidad común y lo mismo para líneas y puntos. Más aun, los espacios están, por doquier, contiguos a los espacios y la extensión está, por doquier, situada junto a la extensión y así, por doquier hay fronteras comunes a partes contiguas; esto es, por doquier hay superficies con bordes divisorios de sólidos y, por doquier, líneas que se tocan, entre sí, las partes de las superficies y, por doquier, hay puntos en los que las partes continuas de las líneas se conjuntan. Y, por tanto, por doquier, hay todo tipo de figuras, por doquier hay esferas, cubos, triángulos, líneas rectas, y aquéllas de todas las figuras y magnitudes aun cuando no se muestren a la vista [...]**[9]

Newton considera que los *límites comunes* terminan en líneas y puntos los cuales siguen la definición planteada por la geometría euclidiana[10], por lo cual estos carecen de profundidad, ancho o dimensión dependiendo del límite del que estemos hablando. El punto y la línea en geometría euclidiana pueden considerarse como lo que no tiene partes, Σημεῖόν ἐστιν, οὗ μέρος οὐθέν, y lo que no tiene anchura, Γραμμὴ δὲ μῆκος ἀπλατές[11]. El término griego para punto con esta definición es Σημεῖόν, y el término griego de línea es Γραμμὴ.

Los límites, que son producto de la interacción de varias figuras o elementos geométricos, son mucho más parecidos al término pitagórico y neo-pitagórico de μονάδος que también tiene medida y/o magnitud.

La (o el) μονάδος se menciona en escritos anteriores a los *Elementos* de Euclides, y como acabo de mencionar forma parte de la filosofía de los pitagóricos y neo-pitagóricos.

---

8 *Ibídem*, Pág 31.

9 Énfasis mío, Ibídem, Pág 42 y43.

10 Euclides, *The Thirteen Books of Euclid's Elements*, Dover Books on Mathematics v. I, trad. T.L. Heath, (Dover Publications, 1956) Libro I, Definiciones.

11 *Ibídem*.

Sobre la mónada:

[1] La mónada es la fuente de número no espacial. Se llama 'mónada' debido a su estabilidad, ya que conserva la identidad específica de cualquier número con el que se combina. Por ejemplo, 3x1=3, 4x1=4, vea cómo el acercamiento de la mónada a estos números conserva la misma identidad y no produce un número diferente. Todo ha sido organizado por la mónada, porque contiene todo potencialmente: incluso si aún no son reales, la mónada contiene, de manera seminal, los principios que están dentro de todos los números, incluidos los que están dentro de la díada.

Porque la mónada es par e impar [Ejemplo 1+1=2, par; 2+1=3 impar]; lineal y plano y sólido (cúbico y esférico y en forma de pirámides desde aquellos con cuatro ángulos hasta aquellos con un número indefinido de ángulos); perfecto y defectuoso; proporcional y armónico; primo no compuesto, y secundario; diagonal y lateral; y es la fuente de toda relación, ya sea de igualdad o desigualdad, [...] Además, es demostrable tanto el punto como el ángulo (con todas las formas de ángulo), y el comienzo, el medio y el final de todas las cosas, ya que, disminuirlo, limita la disección infinita de lo que es continuo, y si lo aumenta, define el aumento como el mismo que los dividendos (y esto se debe a la disposición de su naturaleza divina) [...][12]

Si bien el comentario de Newton sobre los límites como generadores de figuras es exiguo, muestra su pensamiento cuando la línea y el punto interactúan con otros elementos geométricos a partir del movimiento. Los límites que se generan a partir del movimiento y que penetra a otras figuras, tienen características diferentes a los límites estáticos. De la misma manera que el/la μονάδος, que puede definirse como *par, o impar, línea o sólido, comienzo, medio, final, disminución o aumento,* el límite generado por el movimiento mantiene una medida, métrica o dimensión. Aunado a esto, Newton puede utilizar estos límites aun cuando sean infinitos, ya que otros matemáticos han utilizado antes los procesos infinitos para calcular propiedades matemáticas:

[...] Añádase que los geómetras conocen con precisión cantidades positivas y finitas de muchas superficies infinitas en longitud y, por esto, puedo, positiva y precisamente, determinar las cantidades sólidas de muchos sólidos infinitos en largo y ancho y compararlos en sólidos finitos dados. Pero esto no es aquí pertinente[13].

---

[12] Énfasis mío, Jamblico también conocido como Iamblichus, *The theology of arithmetic: on the mystical, mathematical and cosmological symbolism of the first ten numbers.* trad Robin Waterfield, A Kairos book (Phanes Press, 1988), Pág 35.

[13] Newton, "De gravitatione et æquipondio fuidorum", pág. 45.

Newton tiene la confianza de utilizar procesos infinitos debido al proceso de Cavalieri[14]. El proceso de Cavalieri consiste en calcular una determinada área mediante la inscripción de rectángulos que son cada vez menos anchos[15]. La forma en que describe estos límites a partir del movimiento son la semilla germinal que utilizará Newton para definir la fluxión. Se calcula que el texto de *De gravitatione et æquipondio fuidorum* fue escrito cerca de 1684 y el texto de *Introducción a la cuadratura de las curvas* es posterior.

Las fluxiones o los fluxones

La idea de que los límites pueden tener alguna medida y que los procesos infinitos pueden dar resultados finitos componen al fluxon o fluxión, como se ve en el trabajo *Introducción a la cuadratura de las curvas*:

> Las líneas se describen y al describir se generan, no por una conjunción continual6 de Partes, sino por un movimiento continuo de Puntos. Las superficies se generan por el movimiento de las Líneas, los Sólidos por el movimiento de las Superficies, los Ángulos por la Rotación de sus lados [o brazos], el Tiempo por un flujo continuo, y así en el resto. Estas Génesis se basan en la Naturaleza, [...] Y de esta manera, los Antiguos llevando líneas móviles y correderas a lo largo de las [líneas] inmóviles en una Posición o Situación Normal, nos han enseñado las Génesis de los Rectángulos.
>
> Por lo tanto, considerando que las Cantidades, que se incrementan en tiempos iguales y que son generadas por este aumento, son mayores o menores, de acuerdo a que su Velocidad por la cual se incrementan, y se generan, es mayor o menor; me esforcé por encontrar un Método para determinar las Cantidades de las Velocidades de sus Movimientos o Incrementos, mediante los cuales se generan; y al llamar a las Velocidades de los Movimientos, o de los Aumentos, por el Nombre de Fluxiones, y las Cantidades Fluidas generadas, yo (en los años 1665 y 1666) hice, gradualmente, la luz sobre el Método de Fluxiones, que aquí se hace uso en la Cuadratura de las Curvas.
>
> Los Fluxones son casi como los Aumentos de los Fluentes, generados en partes iguales, pero infinitamente pequeñas del Tiempo; y para hablar exactamente, están en la Proporción Principal[17] de los incrementos nacientes [...][18]

---

[14] José Antonio Robles, "Comentarios a 'De gravitatione et æquipondio fuidorum'", en De Newton y los Newtonianos (Quilmes: Universidad Nacional de Quilmes, 2006), Pág. 89 y 90.

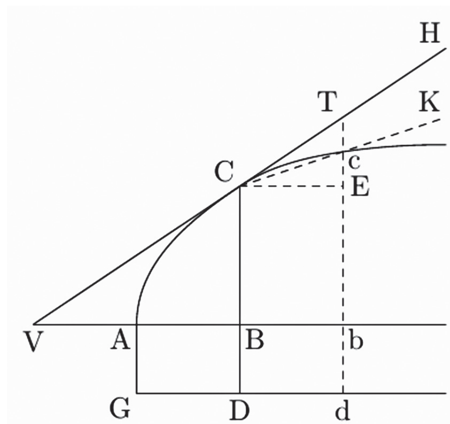
[15] Madeline M. Muntersbjorn, "Representational Innovation and Mathematical Ontology", *Synthese* 134, no 1-2 (2003): 159-180.

[16] La traducción utiliza apposition que de acuerdo con el diccionario de inglés Oxford significa: *poner o posicionar cosas lado a lado o juntas.*

17 O Primera Proporción *Prime Ratio.*

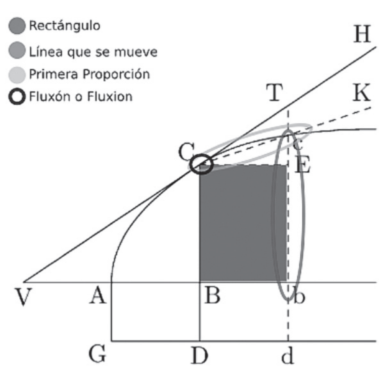
18 Newton, *Itroduction to the Quadrature of Curves.*

De esta manera Newton considera que las fluxiones aumentan o disminuyen de acuerdo con el movimiento que los generan. Este movimiento también genera las superficies, áreas, ángulos y otros elementos matemáticos usados por Newton en el cálculo fluxional, o más específicamente para calcular la cuadratura de una curva. Newton considera que esto se da de manera natural o que está presente en la naturaleza, por lo cual el movimiento puede aplicarse matemáticamente. El ejemplo de Newton es el siguiente:



El procedimiento para obtener la tangente de la curva mostrada es el siguiente[19]:

1. Mover la línea *BC* a una nueva posición *bc*. *c* debe estar sobre la curva.
2. Trazar un paralelogramo *BCEb*.
3. Trazar la línea *VTH*, que debe de tener las siguientes características:
   a) Tocar *C*.
   b) Encontrarse con *bc*.
4. Establecer una relación de triángulos similares *CET* y *VBC*.
5. Dibujar Cc y producir K.
6. Regresar *bc* a su posición original. Esto permite que *CK* coincida con *CH*, y el triángulo evanescente *CEc* en su última forma se vuelve similar al triángulo *CET*, y las relaciones de *CE*, *Ec*, y *Cc*, puedan ser establecidas. Los puntos *C* y *c* entonces coinciden. Cuando esto ocurre, se ha calculado el fluxón y/o la fluxión.



Newton basa el cálculo de la fluxión o del fluxón en el movimiento de la línea *bc* que debe coincidir con la línea *BC*, esto permite que la línea *CK* se vuelva la tangente a la curva, permitiendo el cálculo de la fluxión. Sin embargo, el procedimiento apela al movimiento y a que las líneas y puntos resultado de dicho movimiento conservarán las relaciones de proporción que se establecieron cuando

[19] Interpretación mía basada en el texto de *Introducción a la cuadratura de las curvas* Ibídem.

dichas figuras tenían dimensión, en el caso de los puntos, o área, en el caso de las líneas. Para Newton el triángulo *CEc*, es similar al triángulo *CET*, pero *CEc* se ha evanecido, convirtiéndose en un punto. Siguiendo la forma tradicional de punto Σημεῖόν, el punto *CEc,* ya no puede guardar relación con el triángulo *CET* porque ya no tiene dimensión. Debemos comprender esto más bien con el término μονάδος, el cual, a pesar de ser el elemento más pequeño, conserva una unidad de medición o métrica que le permite generar otros elementos, por lo cual aun cuando sea su tamaño sea diminuto, siempre tiene una magnitud con la cual compararse con otros elementos.

Berkeley está consciente de que es a partir del movimiento como encontraremos a las fluxiones o a los fluxones:

> [...] Se supone que las líneas se generan por el movimiento de los puntos, los planos por el movimiento de las líneas, y los sólidos por el movimiento de los planos. Y, por cuento las cantidades generadas en tiempos iguales son mayores o menores conforme a la mayor o menor velocidad con la que incrementan y generan, se ha encontrado un método para determinar las cantidades a partir de las velocidades de generación. A tales velocidades se las denomina fluxiones y a las cantidades generadas cantidades fluyentes. De estas fluxiones se dice que son como los incrementos de las cantidades fluyentes, generadas en las mínimas partículas iguales de tiempo y que están precisamente, en la primera proporción de los incrementos nacientes o en la última de los incrementos evanescentes. En ocasiones, en lugar de las velocidades, se consideran los incrementos o decrementos momentáneos de cantidades fluyentes indeterminadas, bajo el apelativo de momentos[20].

Berkeley parece estar informado del procedimiento de Newton, el cual está basado en el movimiento. Y es a partir de aquí que el pensador irlandés lanza su crítica.

El juicio de Berkeley

Berkeley realiza un minucioso análisis, tanto del trabajo de Newton como del de Leibniz. Para conocer la evaluación del filósofo sobre el Cálculo de Newton me basaré en las secciones 4,9,10,11 y 15 del texto del "El Analista".

Sobre las fluxiones comenta:

> Por momentos no hemos de entender **partículas finitas**. De estas se dice que, no que son momentos, sino cantidades generadas de los momentos, siendo estos últimos sólo los principios nacientes de cantidades finitas. Se dice que en matemáticas los errores

[20] Berkeley, "El Analista", §3.

más pequeños no han de pasarse por alto; que las fluxiones son celeridades que no son proporcionales a los incrementos finitos, por más pequeños que sean, sino sólo a los momentos o incrementos nacientes, de los que sólo se considera la proporción y no la magnitud:[...] Ahora bien, así como nuestro sentidos se esfuerzan y se confunden con la percepción de los objetos extremadamente minúsculos, así también la facultad de la imaginación, facultad que se deriva de los sentidos, está muy presionada y perpleja para forjar ideas claras de las mínimas partículas de tiempo o de los mínimos incrementos generados de ellas, y es un esfuerzo mucho mayor el comprender los momentos o esos incrementos de las cantidades fluyentes en *statu nascenti*, en su mismo primer origen o al comenzar a existir, antes de que se hagan partículas finitas. [...][21].

[...] La propuesta central en el método de las fluxiones es obtener la fluxión o el momento del rectángulo o producto de dos cantidades indeterminadas, por cuanto que de allí se derivan reglas para obtener las fluxiones [...] Supóngase que el producto del rectángulo *AB* se incrementa mediante un movimiento continuo y que se incremente mediante un movimiento continuo y que los incrementos momentáneos de los lados *A* y *B* son *a* y *b*. [...] Por lo tanto, el incremento del rectángulo, generado por la totalidad de incrementos *a* y *b* es *aB+Ab* Q.E.D. [...] Pero está claro que el método directo y verdadero para obtener el momento o incremento del rectángulo [...] *aB+bA+ab*, será el verdadero incremento del rectángulo [...][22].

En terminología moderna está criticando la obtención de la derivada de un producto: $d(uv)=d(u)v+(dv)u$.

Y esto vale universalmente, sean que lo sean las cantidades *a* y *b*, grandes o pequeñas, finitas o infinitesimales, incrementos, momentos o velocidades. Tampoco podrá alegarse que *ab* es una cantidad excesivamente pequeña, puesto que se nos ha dicho que *in rebus mathematicis errores quam ninimi non sunt contemnendi*[23].
[...] Nada puede hacerse hasta no eliminar la cantidad *ab*. A fin de hacer esto, se cambia la noción de fluxión; se sitúa bajo luces diversas; Los puntos que deberían ser tan claros como los primeros Principios están desconcertados; y los términos que deben usarse constantemente son ambiguos. Si una persona, por métodos no geométricos o demostrativos queda satisfecha de la utilidad de ciertas reglas que luego propondrá a sus discípulos como verdades indudables, las cuales se propone demostrar de una manera sutil y mediante la ayuda de nociones sutiles e intrincadas, no es difícil concebir que esos sus discípulos, para evitarse el problema de pensar, estarán inclinados a confundir la utilidad de una regla con la certeza de una verdad [...][24]

[21] *Ibídem* §4.
[22] *Ibídem* §9.
[23] *Ibídem.*
[24] *Ibídem* §10.

> Los puntos o meros límites de las líneas nacientes son, sin duda, iguales en cuanto que ninguno tiene más magnitud que otro, pues un límite, como tal, no es ninguna cantidad. Si por **momento** queréis decir algo más que límite inicial, esto debe ser o bien una cantidad finita, o bien un infinitesimal. Pero, expresamente, todas las cantidades finitas están excluidas de la noción de momento [...] Hasta donde puedo ver; no se puede admitir ninguna cantidad intermedia entre una cantidad finita y nada sin admitir infinitesimales. Un incremento generado en una partícula finita y, por lo tanto, no puede ser un momento; por consiguiente, debéis tomar un parte infinitesimal de tiempo en la cual generar vuestro momento. Se dice que la magnitud de los momentos no se considera y, sin embargo, se supone que estos mismos momentos se dividen en partes. [...][25]
> Nada es más claro que ninguna conclusión adecuada puede extraerse directamente de dos suposiciones inconsistentes. Vos podéis, ciertamente, suponer cualquier cosa posible, pero posteriormente no podréis suponer nada que destruya lo que supusisteis primeo, o, si lo hacéis, habréis de comenzar **de novo**[26].

El juicio que presenta *Berkeley* es devastador. Para el filósofo, si bien los cálculos son herramientas para entender la naturaleza, estos son más bien *métodos obscuros, inconsistentes y precarios.* Esto se debe a su falta de justificación, no existe principio, al menos público que permita entender cómo es que la fluxión se obtiene a partir del movimiento. La crítica cobra particular fuerza si consideramos que el punto y la línea, por definición, son lo que no tiene partes, Σημεῖόν, y lo que no tiene anchura, Γραμμὴ.

Resumiendo, desde la perspectiva de Berkeley el método de las fluxiones tiene los siguientes problemas:

1. El método es obscuro: Los conceptos, la lógica y primeros principios (en sentido aristotélico) son confusos o no están explicitados.

2. El método es inconsistente: Las fluxiones o los fluxones tienen un comportamiento doble que depende de la situación en que esté el geómetra. Este doble comportamiento es contrario a lo que supuso el anterior, o bien los fluxones o las fluxiones tienen magnitud o no la tienen.

3. El método es precario: Porque sus defensores se han dedicado a sacar provecho del método, mas no han investigado ni el significado de sus términos, ni su lógica, ni sus primeros principios (en el sentido aristotélico).

---

[25] *Ibídem* §11

[26] *Ibídem* §15

Retomando la postura de Newton, el método de la cuadratura de las curvas está justificado por los siguientes puntos:

1. Newton considera que sus métodos son geométricos, respaldados por la geometría euclidiana y otros procedimientos hechos por los matemáticos en la antigüedad y por lo tanto correctos.

2. Considera que hay límites especiales, aquellos que se generan cuando dos figuras se mueven, estos límites tienen magnitud o medida y permiten generar otras formas, aun cuando estos no sean obvios.

3. El resultado de mover una línea a lo largo de una curva permite crear un rectángulo y una *Primera Proporción* que al disminuir permitirá obtener un límite especial que permite calcular el fluxón o la fluxión.

4. El proceso está garantizado por el comportamiento de las series o sumas infinitas, que, aunque son infinitas, pueden producir un resultado finito, medible o cuantificable.

Si bien la propuesta de Newton salva algunos inconvenientes señalados por Berkeley, considero que lo siguiente sigue aplicando:

1. Los límites especiales o momentos no se definen claramente, por lo que el concepto sigue siendo oscuro.

2. El movimiento no se acepta como justificación de un método matemático, Descartes ya ha cuestionado que éste sea el generador de cualquier curva.

3. En caso de que el movimiento sea un proceso puramente metodológico, aun se necesita explicar que es ese límite especial, aquel que permite convertir un área en un punto y al mismo tiempo obtener una métrica para obtener la fluxión, y hay que explicar también en qué propiedad matemática se basa el método para que el movimiento mantenga la métrica y pueda compararse con otras figuras geométricas.

4. Para que funcione el método propuesto en la cuadratura de las curvas se necesita:

a) Que el movimiento de la línea que genera la infinitud de puntos se comporte de la misma forma en que una serie o suma infinita, pero eso no se ha probado, solo se ha asumido que si se comportan de la misma forma.

b) Que el resultado de tu límite al compactarse, conjuntarse o compenetrarse resulte en la figura que se necesita. En el caso de la fluxión de un triángulo a un punto. *A prima facie* esa compactación puede conservar el modelo que la originó, una línea, en cuyo caso el fluxón o fluxión no sería una tangente, que es lo que se busca obtener. Esto es justo lo que se critica cuando se obtiene el fluxón de la curva expuesto en *Introducción a la cuadratura de las curvas,* procedimiento en el cual la línea *AB* se recorre hasta *ab* y establece un triángulo que se desvanece permitiendo encontrar la fluxión deseada.

5) El método de la cuadratura de las curvas es de especial utilidad heurística, es decir permite encontrar el área y la tangente a la curva, pero el hecho de ser útil no lo hace un método matemático, la justificación es la que primero debe considerarse matemática antes de poder asumir que el método lo es.

Conclusiones

Brevemente se han mostrado algunos argumentos y posibles contra-argumentos de las dos posturas en disputa. Considero que, si bien Newton tenía otra concepción de los puntos, posiblemente relacionada con el concepto pitagórico de μονάδος, falla en justificar su método. Históricamente, los métodos y técnicas utilizadas por Newton, no se justificaron matemáticamente. Habría que realizar un trabajo de justificación más preciso para ver si se puede incluir el movimiento sin apelar a la metafísica newtoniana, o si se puede aceptar la metafísica de Newton en matemáticas. Precisamente, una de las debilidades del método es basarse en el movimiento, si bien es un método de investigación matemática, depende de la concepción de Newton de los límites en movimiento que permiten generar figuras geométricas con alguna medida que puede ponerse en relación con otras figuras geométricas, al depender de su particular metafísica.

También parece que cuando el fluxón o la fluxión se obtiene, hay un cambio de figura y/o dimensión, pasamos de la línea al punto. Sin embargo, no se nos ha explicado como esto sucede y se da por hecho. Este comportamiento puede considerarse *ad hoc.*

Además, el fluxón o la fluxión son generadas por un elemento que puede tomar cualquier forma, pero que necesita una infinidad de estos elementos para poder crearse. Se asume que es posible esa creación, pero no se ha mostrado.

Considero que el texto de Berkeley muestra las debilidades de un proyecto que a la postre daría forma a la física y la matemática actual. Berkeley muestra su compromiso con la verdad, si bien entendía el éxito y la utilidad de los cálculos, cosa que en general niegan los matemáticos, consideraba que ambos métodos carecían de una justificación matemática y que los matemáticos de ambos cálculos omitían el tema.

Bibliografía

Berkeley, George. “El Analista”. En *Los escritos matemáticos de George Berkeley*. editado por José A. Robles, 55-129. Traducido por José Antonio Robles. Instituto de Investigaciones Filosóficas, 2006.

Euclides. *The Thirteen Books of Euclid's Elements*. Dover Books on Mathematics, v. I. Traducido por Heath, T.L. Dover Publications, 1956.

Guicciardini, N. *The Development of Newtonian Calculus in Britain 1700-1800*. Cambridge University Press, 2003.

Jamblico también conocido como Iamblichus. *The theology of arithmetic: on the mystical, mathematical and cosmological symbolism of the first ten numbers*. Traducido por Robin Waterfield. A Kairos book. Phanes Press, 1988.

Muntersbjorn, Madeline M. “Representational Innovation and Mathematical Ontology”. *Synthese* 134, no 1-2 (2003): 159-180.

Newton, Isaac, “De gravitatione et æquipondio fuidorum”. En *De Newton y los Newtonianos*. Editado por: Lauria Benítez Grobet y José A. Robles García, 29-60. Traducción de Robles García J. Universidad Nacional de Quilmes, 2006.

_______________ . *Itroduction to the Quadrature of Curves*. Traducción al inglés por John Harris. Editado por Wilkins, D.R. en 2002 y 2014. School of Mathematics Trinity College, Dublin, 1710.

Robles, José Antonio. “Comentarios a ‘De gravitatione et æquipondio fuidorum’”. En *De Newton y los Newtonianos*, 61-122. Universidad Nacional de Quilmes, 2006.