Manipuladores virtuales para pequeños aprendices de matemáticas

Blanca Arteaga-Martínez

SUMA+ núm. 99
pp. 101-108
Artículo solicitado por *Suma* en noviembre de 2021 y aceptado en enero de 2022

Apenas se mantenía sentada en una alfombra de suelo, y Carmen se quedaba embelesada ante la pantalla del móvil, unas veces haciendo muecas a la cámara, otras mirando cualquier dibujo animado que se mostraba con canciones y colores llamativos, que hacían que nuestra pequeña dedicase toda su atención a aquel dispositivo, intentando además extender su pequeño dedo para tocar la pantalla. Ante el tacto, la pantalla se detenía, haciendo que ella levantase su rostro y nos mirase con esa cara de interrogante que utilizan los niños, sorprendidos ante lo que sucede y no terminan de comprender.

Ya desde aquel entonces, nos cuestionábamos sobre la conveniencia o no de dejar que Carmen manejase entre sus manos el móvil, o una pequeña tablet, pero parecía que tenía que ser así, y es que el entorno nos lanzaba mensajes sobre nuestros nativos digitales, aquellos pequeños habían nacido entre tecnologías y parecía que venían con un don que les hacía utilizar todo el potencial que había detrás de aquel cristal, sin embargo, unos años después sabemos que aquellos niños eran como lo fuimos nosotros años atrás, curiosos, sorprendidos ante estímulos visuales y sonoros, con ganas de interaccionar con un entorno a descubrir, abiertos a aprender, pero eso sí, con la necesidad de ser guiados por un adulto.

Pasaron los años, Carmen comenzó el colegio, y comenzó a aprender utilizando para ello dispositivos digitales, entonces y mirando la tecnología como medio para aprender fuimos conscientes de cómo aquella orientación marcada por un adulto podía tener dos dimensiones claras, las aplicaciones que impulsaban su autonomía y las que necesitaban la guía de un adulto para poner en escena todo su potencial de aprendizaje.

La investigación realizada sobre estos dispositivos nos pone en alerta en este sentido, cuando nos referimos

a estas etapas tempranas de escolarización, la Educación Infantil.

Muchos de los medios de mayor calidad hechos especialmente para los niños de este grupo de edad que tienen objetivos de aprendizaje explícitos, utilizan estrategias de aprendizaje establecidas y efectivas, que son desarrolladas por expertos que comprenden las necesidades y habilidades de desarrollo de los niños pequeños, que cambian radicalmente de un año a otro. Sin embargo, no todos los medios digitales para los niños pequeños están hechos con experiencia y cuidado (Lieberman y otros, 2009: 271-272).

Una avalancha de productos interactivos se utiliza en la actualidad como medio para el aprendizaje de nuestros pequeños, y la investigación está identificando en algunos de ellos fortalezas y limitaciones. Sin embargo, nuestro artículo no busca adentrarse en esos resultados de la literatura científica, sino que pretende describir algunos manipuladores virtuales que pueden utilizarse en cualquier dispositivo digital, con reflexiones para educadores, tanto desde la aplicación misma como desde el contenido matemático, considerados de utilidad para enriquecer el aprendizaje de las matemáticas en Educación Infantil.

Nos centraremos en los manipuladores del portal *Illuminations* (figura 1), un proyecto diseñado por la Asociación Nacional de Profesores de Matemáticas de Estados Unidos (NCTM). Justificamos esta elección en la importancia dada a la tecnología en sus estándares (NCTM, 2000), como un componente fundamental tanto en el currículo como en la instrucción.

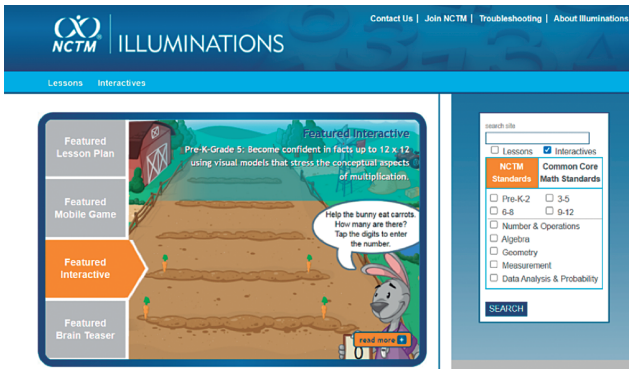

Figura 1. Entorno del portal Illuminations
Fuente: <https://illuminations.nctm.org>/

Una de las ventajas de este portal es que no solo describe el contenido matemático a trabajar, sino que da recomendaciones a los docentes sobre los procedimientos que deben aprender y cómo enseñarlos. Además, los manipuladores virtuales se encuentran categorizados por nivel (edad) y por bloque de contenido (números y operaciones, álgebra, geometría, medida, análisis de datos y probabilidad). El portal recoge también lecciones categorizadas de la misma manera. Podemos considerar estos manipuladores dentro de los denominados Recursos Educativos Abiertos (REA).

El binomio manipulativo-digital

El uso de la tecnología en el aula de matemáticas requiere nuestra reflexión desde las características del alumnado y la formación de los docentes, tras la informatización del conocimiento matemático (Artigue, 1998), algo que en estas edades resulta más complejo y ha de tener en cuenta un mayor número de variables, entre otras, la escasa autonomía y la enorme diversidad de los aprendices.

El uso de dispositivos tecnológicos no supone una mejora en el aprendizaje de los niños por sí sola, aun cuando puede suponer un acercamiento a contenidos de una manera más motivadora, como desde el juego, por ejemplo, considerando que requieren de orientación por parte de un adulto, desde el aporte de una guía que haga su uso eficaz y responsable (Arteaga-Martínez y Macías-Sánchez, 2021).

Los manipuladores virtuales que utilizamos en estos dispositivos recogen una representación visual interactiva de objetos dinámicos que suponen oportunidades para construir conocimiento matemático, y suelen utilizar diseños a partir de materiales manipulativos concretos (Bouk y Flanagan, 2010). Así, los materiales manipulativos pueden resultar complementarios en la situación de aprendizaje, por lo que

no deben ser reemplazados por los utilizados en dispositivos digitales (Ihmeideh y Al-Maadadi, 2018).

Los docentes pueden diseñar situaciones de aprendizaje para enseñar o repasar contenidos específicos, que pueden combinar materiales virtuales con manipulativos. Esta doble perspectiva desde un trabajo reflexivo del docente centrado en el análisis de las características personales de los niños, puede ser una forma exitosa de afrontar la enseñanza en las primeras etapas.

Iniciamos nuestra exposición con el manipulador virtual que permite vestir al osito Bobbie combinando un pantalón y una camiseta (figura 2), dando lugar a un conteo posterior de todas las posibles opciones que tiene la elección de los distintos colores; partimos de una consigna que da lugar al contexto provocando la necesidad de resolver el problema de Bobbie, que es preparar una maleta porque se va de vacaciones.

El número máximo de pantalones es cuatro, mientras que de camisetas es cinco. Con nuestros niños en educación infantil podemos utilizar cantidades pequeñas; en la figura 3, vemos el resultado con dos camisetas y un pantalón.

Si intentamos una combinación que ya está elegida no nos permite hacerla, con un mensaje verbal «Trata de nuevo, ya existe este traje»; mientras que cuando conseguimos hacer todas las combinaciones posibles, nos indica que hemos terminado el juego con otro mensaje, «Felicitaciones, has hecho todos los trajes». Si nos fijamos en la parte superior derecha de la pantalla podemos escribir el símbolo del número, situación que no tiene mucho sentido hacerla tras completar todas las combinaciones posibles porque el conteo ya se muestra abajo, y el niño simplemente identificaría cuál es y replicaría la forma de símbolo del teclado. Pero podemos colocar el número antes de comenzar a jugar, y obtendremos distintos mensajes «Muy bien hecho, el oso Bobbie va a ser el oso más elegante de la ciudad», «Intenta de nuevo, esas son muchas combinaciones de trajes», o «Intenta de nuevo, te faltan más combinaciones de trajes», según

Figura 2. *Bobbie Bear*
Fuente: En la versión en inglés <https://www.nctm.org/Classroom-Resources/Illuminations/Interactives/Bobbie-Bear> (juego disponible también en castellano)

Figura 3. *Bobbie Bear,* dos camisetas y un pantalón

tengamos el número correcto, o sea superior o inferior. Este tipo de mensajes verbales de refuerzo se consideran fundamentales como estrategia de comprobación, dando lugar a una autoevaluación del niño con una instrucción sencilla, así como una información para el instructor que facilita conocer si el niño ha comprendido el significado o no del número de elementos resultantes al vestirse con distinto número de pantalones y camisetas. La presentación simultánea de elementos auditivos y visuales da lugar a un aprendizaje multisensorial, que facilita la comprensión (Outhwaite y otros, 2019).

Si además de la consigna del juego planteamos situaciones como, si Bobbie se va tres días de vacaciones,

y va a ponerse dos trajes al día, ¿cuántos pantalones y camisetas deberá llevar como mínimo? Esto justifica la presencia de un orientador en la tarea. En este caso, conviene que el niño traslade sus descubrimientos a un papel, es decir, formalice el aprendizaje construyendo una representación propia. Pensemos que estamos utilizando este manipulador con niños de 3-6 años, pero podremos volver a ella cuando los niños estén dando distintos significados a la multiplicación, en este caso, como combinación.

Las cuestiones que nos sugieren para ayudar a Bobbie a vestirse son:

— ¿Cuántos conjuntos crees que se pueden hacer?
— ¿Cómo sabes cuando has hecho todos los conjuntos?
— Si te falta un atuendo, ¿cómo averiguas cuál es?
— ¿Cómo puedes organizar su trabajo para facilitar respuesta a estas preguntas?

Como comentábamos podemos combinar el uso de este manipulador virtual con materiales (figura 4). Esto nos permite incluir más de dos piezas en la combinación. La diferencia fundamental es que el niño montará las distintas combinaciones con el material, pero si no utilizamos una representación de los resultados, el niño deberá recordar las combinaciones realizadas o tener gran cantidad de materiales de cada tipo. Así el uso digital requiere menor grado de abstracción, por tener en la pantalla la representación de las combinaciones formadas.

Hemos dejado como última mención un aspecto importante desde la etapa en la que nos estamos centrando: no es necesario el dominio numérico para poder utilizarla. El niño puede hacer emparejamientos de prendas de manera previa al desarrollo del sentido numérico, como una preparación inicial.

Actividades de concentración para aprender matemáticas

Concentration, es un manipulador con diferentes opciones de configuración (figura 5). No puede considerarse dentro de lo que podemos llamar contenidos matemáticos, pero, sin embargo, las opciones nos llevan a considerar distintas representaciones del número o de figuras planas. El niño debe ir destapando distintas ventanas, hasta encontrar la pareja correcta, entonces estas ventanas se quedarán abiertas.

Una de las actividades que preparan para el conteo es la representación de pequeñas cantidades, con las

Figura 4. Materiales manipulativos para la combinación de atuendos
Fuente: *Dress me stamping kit (Colorations)*

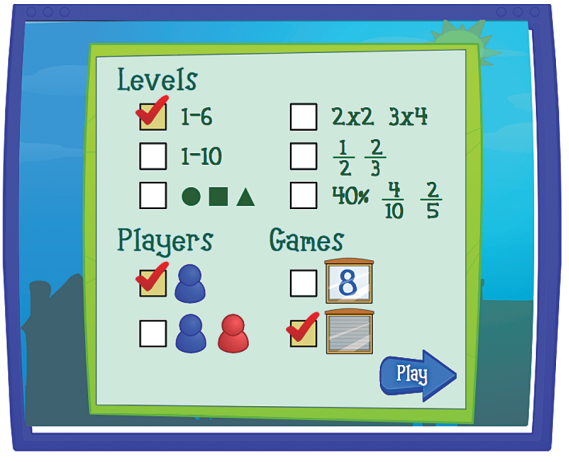

Figura 5. Opciones de *Concentration*
Fuente:<https://www.nctm.org/Classroom-Resources/Illuminations/Interactives/Concentration>

que formar equivalencias por emparejamiento (Castro y otros, 2015). Para trabajar con niños de educación infantil, lo haremos de manera individual y con números del 1 al 6. Las posibles representaciones que encontramos son: el símbolo numérico, representaciones en rejilla y con puntos (figura 6). Consideramos que son suficientes, dado que facilita distintos registros de un número, utilizando para ello una representación discreta y otra continua cuya identificación facilitará que el niño pueda realizar sus propias conversiones entre distintos tipos de representación.

Figura 6. Emparejamiento de representaciones del número

Rejillas de números, del 5 al 10

Finalizamos este breve recorrido mostrando rejillas de números de cinco y de diez, o dicho de otra forma, trabajando con los dedos de una mano o con las dos, y es que no queremos perder en esta etapa la importancia de trabajar con el propio cuerpo como una parte también de comprensión de uno mismo y del entorno. Las interacciones que se fundamentan en el uso de los dedos pueden suponer una primera aproximación a representaciones de construcciones matemáticas tempranas, como el conteo, correspondencias u operaciones aritméticas. Los niños comienzan a construir estos contenidos matemáticos desde su actividad sensoriomotora con la mano (Norton y otros, 2018).

Como vemos, la presentación de las rejillas es la misma (figura 7), únicamente varía la cantidad de elementos que se muestran, reflexionemos sobre las preguntas que guían la práctica.

La primera parte busca que el niño asocie el símbolo numérico a la cantidad de objetos (cardinal) que se

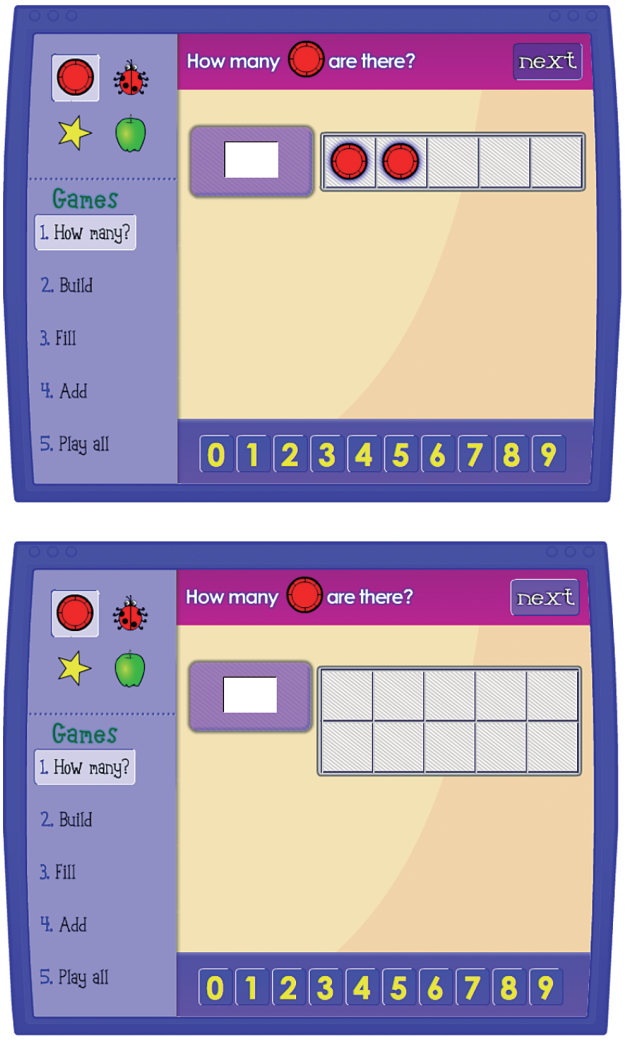

Figura 7. Rejillas de números de 5 y de 10
Fuente: <https://www.nctm.org/Classroom-Resources/Illuminations/Interactives/Five-Frame> y <https://www.nctm.org/Classroom-Resources/Illuminations/Interactives/Ten-Frame>

muestran, o que no se muestran, y es que en ocasiones la pregunta va dirigida a contar los círculos, mariquitas, estrellas o manzanas (dependiendo de la opción elegida) presentes o contar los huecos vacíos de la rejilla.

La figura 8 nos muestra el contador de aciertos al lado de la actividad que estemos realizando, y podemos ver además cómo la pregunta va dirigida al conteo de los elementos que no están. Este tipo de actividad nos facilita una aproximación inicial desde el conteo a la posterior descomposición aditiva del número.

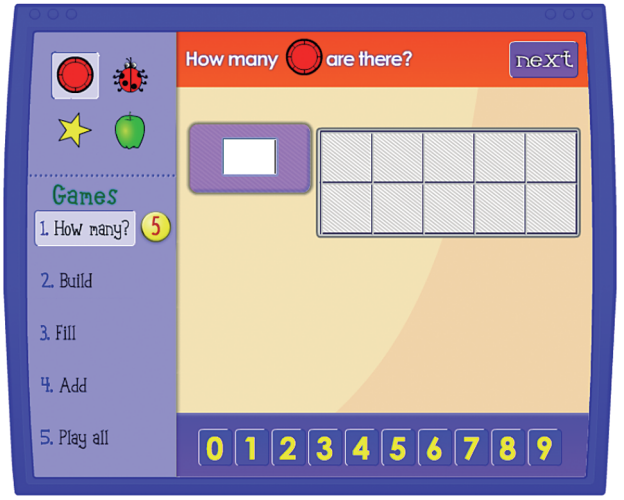

Figura 8. Rejillas de números: conteo de elementos no presentes

Estamos entonces ante una actividad que facilita el desarrollo del sentido numérico, desde la práctica de la subitización o las relaciones parte-todo, como reconocimiento de la cantidad, así como su composición y descomposición (Tucker y otros, 2017).

El aprendiz puede pasar de una a otra actividad de las cinco disponibles: cuántos (contar), construir, rellenar y agregar (componer, descomponer y sumar), y jugar a todo, que selecciona de manera aleatoria una de las cuatro opciones previas.

La secuencia de actividades es más extensa en la actividad de agregar, que nos conduce a una suma partiendo de la construcción de cada uno de los sumandos a partir del símbolo numérico, al agrupamiento y al resultado de la adición desde el conteo (figura 9).

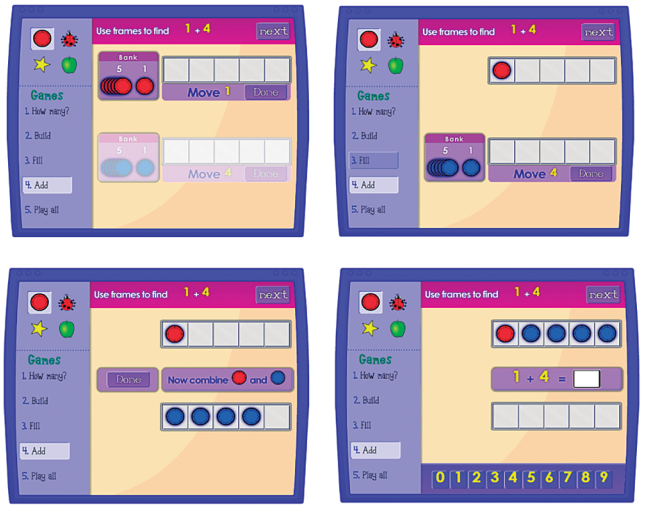

Figura 9. Rejillas de números: secuencia de la actividad de agregar (suma)

La rejilla de tamaño cinco facilita al niño una conexión visual con el número cinco, dado que muestra la imagen de combinaciones de números menores de cinco, dando una estructura básica de organización de un número, el cinco, que resulta importante en el desarrollo matemático del niño (Novakowski, 2007). Además, «debido al número limitado de cuadrados en una rejilla de cinco, los estudiantes se ven automáticamente obligados a trabajar con tamaños de conjuntos más pequeños (cinco o menos) que se encuentran dentro de su desarrollo del rango de conteo» (McGuire y otros, 2012: 214). Por lo tanto, la rejilla de tamaño cinco prepara el trabajo posterior con la de diez, que hemos de considerar como trabajo previo y necesario.

Cabe mencionar la importancia de las recomendaciones que la aplicación facilita, por ejemplo, las preguntas encaminadas al trabajo con el cero, y su significado. Un número que pese a su importancia pocas veces se trabaja con los niños de Educación Infantil.

A modo de prospectiva

Como conclusión, señalamos el reto de enseñar y aprender matemáticas en Educación Infantil con manipuladores virtuales provenientes de REA, en este caso desde la NCTM, que se pueden integrar de manera sencilla en la dinámica del aula, tanto desde dispositivos individuales (móviles o tablet) como de uso colectivo (pizarra digital), o pueden utilizarse como actividades de aprendizaje fuera del entorno escolar. Es conveniente señalar la necesidad de una formación del adulto, que asegure que el manipulador utilizado se adecúa al nivel del aprendiz en cuanto a su dominio del contenido matemático.

Este tipo de manipuladores pueden facilitar en los aprendices una fluidez procedimental al tiempo que una comprensión de conceptos y relaciones, necesarias ambas para la comprensión de los contenidos matemáticos. Las experiencias de aprendizaje en estos primeros años sirven como «base fundamental para la competencia emergente de los estudiantes» (National Research Council, 2001: 18).

Finalizamos con una reflexión que muestra lo etérea de la situación actual respecto al uso de este tipo de herramientas, «dada la vertiginosa velocidad con la que se transforman los entornos virtuales y tecnológicos, es posible que algunos de ellos desaparezcan o queden obsoletos en poco tiempo» (Alsina, 2019: 13), así que, aprendan, practiquen, diseñen situaciones, y mantengan una perspectiva de enseñanza y aprendizaje flexible para el futuro, porque frente a estos cambios y herramientas, el contenido matemático siempre será perdurable.Y sobre todo, investiguen qué estrategias emplean los niños al utilizar uno y otro método, porque estos reportes que no suelen ser espontáneos pueden dar sustento a prácticas de enseñanza ricas que ayuden a maestros y educadores en sus diseños específicos de situaciones de enseñanza-aprendizaje.

Este tipo de manipuladores pueden facilitar en los aprendices una fluidez procedimental al tiempo que una comprensión de conceptos y relaciones, necesarias ambas para la comprensión de los contenidos matemáticos

Referencias bibliográficas

Alsina, Á. (2019), «Del razonamiento lógico-matemático al álgebra temprana en Educación Infantil», *Edma 0-6: Educación Matemática en la Infancia,* n.º 8 (1), 1-19.

Arteaga-Martínez, B., y J. Macías-Sánchez, (2021), «La formación docente desde la implementación de la tecnología: en el aula de matemáticas», en M. R. Royer, *Ensino e Educação em Diferentes Contextos,* Pimenta Cultural, São Paulo.

Artigue, M. (1998), «Teacher training as a key issue for the integration of computer technologies», en D. Tinsley y D. Johnson (eds.), *Information and Communication Technologies in School Mathematics*, Chapman & Hall, Londres, 121–130.

Bouck, E. C., y S. M. Flanagan (2010), «Virtual Manipulatives: What TheyAre and How Teachers Can Use Them», *Intervention in School and Clinic,* n.º 45(3), 186-191, <https://doi.org/10.1177/1053451209349530>.

Castro, C., G. Flecha y M. Ramírez (2015), «Matemáticas con dos años: buscando teorías para interpretar la actividad infantil y las prácticas docentes», *Tendencias pedagógicas*, n.º 26, 89-108.

Ihmeideh, F., y F. Al-Maadadi (2018), «Towards Improving Kindergarten Teachers' Practices Regarding the Integration of ICT into Early Years Settings», *Asia-Pacific Education Researcher,* n.º 27, 65–78, <https://doi.org/10.1007/s40299-017-0366-x>.

Lieberman, D. A., C. H. Bates y J. So (2009), «Young children's learning with digital media», *Computers in the Schools*, n.º 26(4), 271-283. <https://doi.org/10.1080/07380560903360194>.

McGuire, P., M. Kinzie y D. Berch (2012), «Developing number sense in pre-k with fiveframes», *Early Childhood Education Journal,* n.º 40(4), 213-222, <https://doi.org/10.1007/s10643-011-0479-4>

National Council of Teachers of Mathematics (2000), «*Principles and standards for school mathematics»,* NCTM, Reston.

National Research Council (2001), «Adding it up: Helping children learn mathematics», en J. Kilpatrick, J. Swafford y B. Findell (eds.), *Mathematics Learning Study Committee, Center for Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education*, National Academy Press, Washington, DC.

Norton, A., C. Ulrich, M. Bell y A. Cate (2018), «Mathematics at Hand», *The Mathematics Educator,* n.º 27(1), 33-59.

Novakowski, J. (2007), «Developing "five-ness" in kindergarten», *Teaching Children Mathematics*, n.º 14(4), 226-231.

Outhwaite, L. A., M. Faulder, A. Gulliford y N. J. Pitchford (2019), «Raising early achievement in math with interactive apps: A randomized control trial», *Journal of Educational Psychology,* n.º 111(2), 284-298, <https://doi.org/10.1037/edu0000286>.

Tucker, S. I., C. W. Lommatsch, P. S. Moyer-Packenham, K. L. Anderson-Pence y J. Symanzik (2017), «Kindergarten children's interactions with touchscreen mathematics virtual manipulatives: An innovative mixed methods analysis», *International Journal of Research in Education and Science (IJRES),* n.º 3(2), 646-665, <https://doi.org/10.21890/ijres.328097>.

Blanca Arteaga-Martínez
Universidad Nacional de Educación a Distancia
<blanca.arteaga@edu.uned.es>