

LA MADURACIÓN BIOLÓGICA COMO PUNTO DE PARTIDA PARA ENSEÑAR MATEMÁTICAS

BIOLOGICAL MATURATION AS A STARTING POINT FOR TEACHING MATHEMATICS

Ramón Roldán Vergara¹

Universitat Oberta de Catalunya. Estudis de Psicologia i Ciències de l'Educació.

Barcelona, Catalunya

i.

Ana Beatriz Félez Rodríguez

Universitat Oberta de Catalunya. Estudis de Psicologia i Ciències de l'Educació.

Barcelona, Catalunya

RESUMEN

La evaluación de las características individuales del alumnado en Educación primaria es muy importante para el correcto proceso enseñanza-aprendizaje. En este trabajo nos hemos planteado proponer metodologías de enseñanza y aprendizaje que se adapten a los diferentes perfiles madurativos del alumnado en el Tercer ciclo de Educación primaria para prevenir dificultades académicas de aritmética/matemáticas. Para dar respuesta a este objetivo hemos realizado una revisión de la literatura sobre la maduración biológica, la importancia de valorarla, los factores que influyen en ella y sus indicadores. De igual modo hemos llevado a cabo una investigación que combina los métodos descriptivo, correlacional y ex post-facto. El estudio se ha llevado a cabo en una muestra de 91 discentes de un centro público de la provincia de Sevilla a los que se ha calculado la edad biológica haciendo uso de las ecuaciones de regresión para predecir el pico de velocidad de crecimiento (PVC) según el método propuesto por Mirwald, Baxter-Jones, Bailey y Beunen (2002). Los resultados obtenidos nos permiten describir la relación estadísticamente significativa entre la maduración biológica del alumnado y sus calificaciones escolares en el área de matemáticas; y las posibles diferencias según la variable sexo. Los resultados conseguidos muestran una relación consistente de la edad biológica con las calificaciones escolares en matemáticas, pero también la no existencia de diferencias entre sexos. Ello nos llevó a una propuesta metodológica centrada en la maduración biológica como punto de partida para enseñar matemáticas y prevenir dificultades académicas de aritmética/matemáticas.

Palabras claves: Educación primaria, Matemáticas, Maduración biológica, Dificultades de aprendizaje y Evaluación formativa.

ABSTRACT

The evaluation of the individual characteristics of students in Primary education is very important for the correct teaching-learning process. In this paper we have considered proposing teaching and learning methodologies to suit different maturational profiles of students in the Third cycle of Primary

¹ Correspondencia: Ramón Roldán Vergara. Correo electrónico: ramrolver@uoc.edu.

education to prevent academic difficulties arithmetic/mathematics. In order to respond to this objective, we have carried out a review of the literature on biological maturation, the importance of assessing it, the factors that influence it and its indicators. In the same way we have carried out an investigation that combines the descriptive, correlational and ex post-facto methods. The study was conducted on a sample of 91 discentes a public center Sevilla that calculated the biological age by using the regression equations to predict the peak height velocity (PHV) as the method proposed by Mirwald, Baxter-Jones, Bailey and Beunen (2002). The results obtained allow us to describe the statistically significant relationship between the biological maturation of students and their school grades in the area of mathematics; and the possible differences according to the sex variable. The results obtained show a consistent relationship of biological age with school grades in mathematics, but also the non-existence of differences between sexes. This led us to a methodological proposal focused on biological maturation as a starting point to teach mathematics and prevent academic difficulties in arithmetic/mathematics.

Key Words: Primary education, Mathematics, Biological maturation, Learning disabilities and Formative assessment

Introducción

La educación es una necesidad prioritaria para el desarrollo de un país, es el único recurso para preservar la salud y el bienestar, e incrementar y transmitir la cultura; implica la mejora de las capacidades humanas y el progreso de la humanidad. A razón de esto, el proceso educativo debe pasar por una planificación sistemática fundamentada en los principios pedagógicos y biológicos, para garantizar la formación y el desarrollo integral del alumnado atendiendo a sus características personales (Prado y Arias, 2008).

Sabemos que puede existir hasta 5 años de diferencia en la edad biológica entre alumnos con una misma edad cronológica, esto quiere decir que podríamos tener en una misma aula a dos chicos de 10'5 años de edad y uno/a de ellos tener 13 años y el/la otro/a 8 años madurativamente hablando. Esto inevitablemente nos lleva a una cascada de preguntas: ¿Aprenden los dos con igual facilidad? ¿Deberían tener una atención adaptada a su maduración biológica? ¿Las exigencias tienen que ser las mismas?...

La literatura científica muestra varios métodos que permiten evaluar la maduración biológica, sin embargo, buscar un procedimiento simple, práctico y no invasivo ha sido una constante a lo largo de los años (Gómez-Campos et al., 2013). Hace más de una década Mirwald, Baxter-Jones, Bailey y Beunen (2002) publicaron un método mediante el cual es posible calcular la maduración biológica y otros datos conociendo la fecha de nacimiento y las medidas antropométricas del alumnado. Este procedimiento permite calcular la edad biológica del discente, un criterio que describe el potencial del alumno/a, así como su ritmo o tiempo de maduración individual con mayor precisión que la edad cronológica.

Se desconoce si pasar por alto la edad biológica y/o madurativa biológica puede estar ocasionando dificultades de enseñanza y aprendizaje al alumnado, razón por la cual este estudio puede dotar de algo de claridad a este asunto por medio del análisis de la correlación entre la maduración biológica y las calificaciones escolares en el área de matemáticas con objeto de una educación más equitativa que atienda mejor a las características personales del alumnado.

Marco teórico

Aspectos conceptuales

El término maduración deriva de la palabra latina "maturatio" que significa "aceleración" y tradicionalmente se ha definido como el conjunto de fenómenos de crecimiento y de diferenciación

celular que ayudan a la presencia de ciertas funciones en el organismo (Schneirla, 1957). La maduración implica cambios programados a nivel genético que desencadenan de forma natural con el paso del tiempo (Woolfolk, 2006); cada discente nace con su personal reloj biológico encargado de regular su particular progresión madurativa (Malina, Bouchard y Bar-Or, 2004).

Los procesos de maduración y las influencias exógenas determinan la edad biológica, siendo posible encontrar diferentes edades biológicas entre individuos que compartan una misma edad cronológica (Machado y Barbanti, 2007).

Para discentes de la misma edad cronológica y el mismo sexo, la variabilidad de la edad biológica es muy grande; esto responde a las diferencias individuales en el ritmo de desarrollo (Crain, 2015). Así que el alumnado puede presentar maduración precoz, temprana o acelerada si su edad biológica es significativamente mayor a su edad cronológica, normal o promedio si coinciden ambas edades y/o tardía si la edad biológica es considerablemente menor a su edad cronológica (Gómez-Campos et al., 2013).

La maduración siempre ocurre en una secuencia fija y en el mismo orden (Crain, 2015 y Gesell, 1929). La maduración biológica es un proceso de importantes cambios fisiológicos cuya intensidad y aparición depende del sexo y de la etapa madurativa (Machado, Bonfim y Costa, 2009); la evolución entre la segunda infancia y la edad adulta implican aspectos biológicos, psicológicos, sociales y culturales (Spear, 2000) que no siempre siguen el mismo ritmo de desarrollo, por lo que se ha de conocer cada uno de ellos para una óptima intervención.

Finalmente, como indicador somático, la maduración está relacionada con el pico de velocidad de crecimiento (PVC) que indica la edad de máximo crecimiento (Malina, Bouchard y Bar-Or, 2004). Conociendo el PVC personal del alumnado podemos conocer el tipo de maduración y edad biológica individual, ajustando la respuesta educativa a la realidad biológica del discente; una realidad más precisa que la cronológica.

Importancia de valorar la madurez

Los indicadores de maduración son utilizados en diversos ámbitos (salud, pediatría, deporte e investigación), proporcionando información significativa que permite dibujar el ritmo o tiempo de maduración individual. En salud se justifica su uso debido a la existencia de la variabilidad en el crecimiento somático y biológico entre individuos con una misma edad cronológica (Marshall y Tanner, 1969 y Tanner, 1990); en pediatría, permite la interpretación clínica de las enfermedades endocrinas, el estado del crecimiento (Sun et al., 2002) y la calidad de vida (Cumming, Gillison y Sherar, 2011); y en el deporte, es fundamental desde el punto de vista de la investigación, la clasificación deportiva (Mirwald, Baxter-Jones, Bailey y Beunen, 2002), la detección de futuros talentos deportivos y el aprovechamiento de las ventanas aceleradas al entrenamiento de las capacidades físicas y las habilidades técnicas-coordinativas (Balyi et al., 2005), pues la edad cronológica es de limitado uso (Malina, 2000).

No son pocos los deportistas que se encuentran en una misma categoría competitiva o grupo de entrenamiento y sin embargo presentan diferentes estadios de maduración, situación que puede favorecer a los deportistas más precoces y puede desmotivar a los más tardíos en el desarrollo biológico, aunque estos puedan ser excelentes deportistas en el futuro (Bojikian, Teixeira, Böhme y Ré, 2005).

Este fenómeno que se ha descrito en el ámbito deportivo, también existe en la educación y al igual que en el anterior, obviarlo puede estar ocasionando dificultades de enseñanza y aprendizaje. Somos consciente de que este estudio es novedoso y resulta sencillo caer en la creencia de que una maduración biológica tardía es un hándicap, pero eso está muy lejos de la realidad. Es una tendencia habitual porque la maduración cognitiva, el desarrollo del lenguaje, la edad mental... siempre se ha asociado a la edad cronológica y si existiera un desfase tardío, se asociaba a una desventaja. Pero una maduración biológica tardía no es una desventaja, igual todo lo contrario, ya que esto significa que el techo o el potencial estás más lejos, es decir, hay más recorrido y tiempo para mejorar.

Ahora bien, en una clase en la que la mayoría tiene 10 años de edad, el/la alumno/a que tenga una edad biológica de 7'5 años va a ser tratado -si no se tiene en cuenta la madurez biológica- como si tuviese 10 años, esto repercute en el aprendizaje, en sus expectativas, motivaciones, intereses, percepciones de éxito y fracaso... Si el profesorado no atiende equitativamente a los diferentes estadios de madurez biológica existirá un mayor riesgo de dificultades de aprendizaje motivadas por aspectos relativos a un desarrollo curricular no adaptado a las características personales del alumnado.

Pocos maestros se atrevería a poner tareas que requieran de pensamiento lógico concreto a un/a niño/a de 4'5 años, entre otras cosas porque el pensamiento concreto no se desarrolla hasta los 7 años; bueno esto solo sucede si la maduración es promedio (en donde edad cronológica y biológica coinciden), si la maduración es temprana la lógica concreta se desarrollaría antes (5-6 años; véase *Anexo 1*), si es una maduración tardía después (8-9 años). Por ello, el nivel de desarrollo de un/a discente no depende exclusivamente de su edad cronológica sino de su ritmo biológico de maduración combinado con la estimulación que ha recibido (Gadea de Nicolas, 1998).

La madurez biológica es importante en la definición de los desfases. Permite una contextualización más precisa de la evaluación educativa, psicológica, lingüística, cognitiva, emocional... La edad biológica nos permitido detectar que ante cualquier otro desfase -ya sea educativo, psicológico, lingüístico, cognitivo, emocional...- si la maduración biológica es tardía, es factible esperar una mejora natural con el paso del tiempo; por el contrario, si la maduración biológica es temprana, el desfase será aún mayor que el que a priori concebíamos atendiendo al criterio de la edad cronológica. En otras palabras, un/a alumno/a de 8'4 años con una edad psicolingüística de 6'9 años según el Test Illinois de Aptitudes Psicolingüísticas (ITPA), una edad de 6'5 años en el test de Bender y una maduración tardía con una edad biológica de 6, 6'5 o 7 años se podría hablar de un desfase con respecto a su grupo clase, pero no con arreglo a su ritmo individual de desarrollo; situación que contemplaría unas expectativas más favorables y quizás no se debería de hablar de dificultades a nivel psicolingüístico ni en la función gúestáltica visomotora.

Al revisar la literatura encontramos algunos trabajos que aun no aplicando esta metodología orientan la práctica docente hacia la necesidad de tener presente los diferentes ritmos de desarrollo del alumnado, así como la posible relación entre la maduración biológica y el rendimiento escolar.

La edad es una variable personal condicionante del rendimiento académico de manera que la correlación entre rendimiento académico y aptitud decrece a medida que el/la estudiante asciende en grado académico (González-Pienda, 2003), situación que coincide con el fenómeno del desarrollo biológico en el que llegado a un punto todo el alumnado presenta similares condiciones madurativas; en donde alumnos aventajados en el pasado, ahora no lo son tantos; y en donde discentes con dificultades en el pasado, ahora parecen no tener tantas. Es muy difícil predecir los genios -o alumnos con dificultades- del futuro por los primeros pasos, en ocasiones la predicción se convierte en una profecía autorrealizable que ayuda a disminuir -o a aumentar- la percepción del esfuerzo (Sigman, 2015).

Sabemos que existe una relación estadísticamente significativa entre la medición de la maduración cerebral con el test de Bender y el rendimiento académico del alumnado en el tercer grado de primaria de una escuela oficial (Manjarrez Gutiérrez, 2014), confirmando el enunciado de Nieto y Torres (2008) que afirman que la inmadurez cerebral es un factor que dificulta el aprendizaje y el de Téllez (2002) que indica que el desarrollo psicológico está vinculado indisolublemente al desarrollo del sistema nervioso y a mayor nivel madurativo del cerebro, los procesos psicológicos se hacen más complejos. Además, existe correlación ordinal significativa entre el desarrollo psicomotor y el rendimiento escolar de lenguaje, matemáticas, precálculo y funciones básicas en alumnos de 6 a 8 años (Vergara y Pérez, 2006).

Por otro lado, conocemos que el alumnado de talla baja tiene menores notas de pase en matemáticas y castellano y mayor riesgo de trastornos de aprendizaje y repetición (Erazo, Amigo, De Andraca y Bustos, 1998). Asimismo, los discentes de 8 y 9 años que tuvieron un nacimiento prematuro con riesgo biológico (peso menor a 1250 g al nacer) tienen un alto índice de alteraciones cognitivas detectadas con la escala de inteligencia de Weschler (WISC III) (Martell et al., 2007); y aquellos con un peso inferior a 750 g tienen un alto riesgo de disfunción neuroconductual y bajo

rendimiento escolar (Hack et al., 1994; Taylor, Klein, Minich y Hack, 2000); la falta de crecimiento perinatal (bajo peso corporal y circunferencia de la cabeza subnormal a los ocho meses de edad) se asocia a funciones cognitivas deficientes, bajo rendimiento académico y comportamental a los 8 años de edad (Hack et al., 1991). A priori, puede parecer que estamos hablando de casos muy concretos, pero todos ellos tienen como denominador común la relación entre desarrollo físico, cognitivo y rendimiento académico; esta relación, es más estrecha de lo que inicialmente puede parecer.

Los factores mentales, cognitivos, emocionales y físicos son esenciales para el desarrollo de cada estudiante. El desarrollo holístico tiene en cuenta todos estos factores, sabe que son beneficiosos para el individuo y que todas estas habilidades están interrelacionadas. Al igual que las habilidades físicas y técnicas, los aspectos psicológicos del desarrollo del estudiante también requieren de un desarrollo a largo plazo y secuencial. La programación educativa debe estar diseñada para ofrecer todos los aspectos del desarrollo del estudiante de manera complementaria, incluyendo las capacidades físicas y habilidades técnico-coordinativas. Esto no es simple, ya que no hay marcadores fácilmente visibles para las transiciones entre las etapas del desarrollo cognitivo, moral y emocional (Balyi et al., 2005). El *Anexo I* muestra cómo las etapas de desarrollo intelectual de Piaget (1954) y las etapas de desarrollo emocional de Erikson (1959, 1964) se corresponden con las primeras cinco etapas del desarrollo físico a largo plazo del alumnado.

Factores que influyen en la maduración

La literatura clásica considera que son dos los factores principales que influyen en el desarrollo: el aspecto biológico (herencia) y el medio ambiente (Gesell, 1933). Existe una relación recíproca entre ambiente y herencia, pero el desarrollo está fundamentalmente determinado por los factores biológicos o genéticos. En este sentido, la maduración está controlada por factores innatos o intrínsecos y por factores ambientales o extrínsecos que modifican, estimulan y contribuyen al desarrollo madurativo.

Existen tres factores intrínsecos: la herencia, la enfermedad y las hormonas de crecimiento; y seis extrínsecos: los factores medioambientales, el estado nutricional, el ejercicio físico, el ambiente familiar, la tendencia secular y la condición socioeconómica. Estos factores pueden actuar de forma conjunta o independientemente unos de otros modificando el potencial genético del alumnado (Rogol, Clark y Roemmich, 2000).

La tendencia secular es prueba significativa de que los factores ambientales condicionan el potencial genético del crecimiento lineal del alumnado (Rogol, Roemmich y Clark, 2002). La talla promedio en varones se alcanzaba a los 23 años de edad hace un siglo y medio, actualmente se alcanza a los 17 años; la edad de la menarquía ha pasado de 17 a 12,5 años (Rosenbloom, 2007). La mejora nutricional y la disminución en la frecuencia y duración de las enfermedades durante la infancia se posicionan como los principales hechos que explica este fenómeno (Rosenbloom, 2007); también lo hace unas mejores condiciones de vida, saneamiento y salud pública en general (Beunen, Rogol y Malina, 2009).

La nutrición es el principal factor extrínseco que modula el techo fisiológico de crecimiento. El sobrepeso y la obesidad se vincula a un inicio precoz de la maduración sexual (Freedman et al., 2003 y Forbes, 1987); por el contrario, una pubertad tardía está relacionada con la desnutrición (Greulich, Pyle y Todd, 1959 y Simsek, Ulukol y Baskan Gulnar, 2005). Las insuficiencias de energía (Torun, 1996) en proteínas (Golden, 1988) y zinc (Chen et al., 2003) se asocia a un menor crecimiento; por otro lado, las dietas ricas en grasa están relacionadas al aumento del peso y obesidad (Tremblay, 2004).

Los estudios realizados señalan que la actividad física no tiene efectos adversos en la maduración sexual de los alumnos (Committee on Sports Medicine and Fitness, 2000), pero en las alumnas los ejercicios extenuantes y prolongados asociados a un bajo nivel de grasa corporal pueden retrasar la maduración sexual, disminuyendo el crecimiento esquelético y en consecuencia la estatura (American Medical Association/American Dietetic Association, 1991); un gasto calórico muy elevado en la actividad física se traduce en un desequilibrio alimenticio (Cameron, 1996) y en consecuencia, retardo de la pubertad y bajos niveles de gonadotropina (Warren, 1980).

La altitud es otro de los factores que influyen en la maduración, el alumnado que vive en este ambiente padece presión atmosférica reducida, frío y terreno irregular; estas características pueden afectar a la vida animal y vegetal, al nivel socioeconómico y de aislamiento (Crespo, Valera, Gonzales y Guerra García, 1995) abriéndose la posibilidad a un desarrollo corporal reducido tras el nacimiento (Cossio-Bolaños, de Arruda, Núñez Álvarez y Lancho Alonso, 2011) y la pubertad (Haas, Baker y Hunt, 1977) que limite el crecimiento lineal, maduración esquelética y sexual (Stinson, 1982 y Greksa, 2006).

Finalmente, el alumnado con niveles socioeconómicos mejores alcanza la estatura máxima y su maduración sexual a una edad más temprana (Tanner, 1968); además es más alto y pesa más (Malina, 2008). El fenómeno actual en el que la maduración es mayor que en generaciones anteriores describe la tendencia secular que tratamos al comienzo de este punto.

Indicadores de maduración

Las caracteres sexuales secundarios, edad esquelética y pico de velocidad de crecimiento (PVC) son los indicadores más empleados para valorar la maduración biológica; a parte de estos indicadores, la edad dental es ampliamente utilizada en odontólogos, ortodoncistas y pediatras para la toma de decisiones terapéuticas.

El indicador esquelético hace uso de la estandarización de placas de rayos X (RX) que permite determinar la maduración del esqueleto. Es el mejor método para valorar la edad biológica (Izquierdo y Ibañez, 2007), permite el estudio desde la niñez hasta la edad del adulto joven. Aunque sus limitaciones más señaladas son: la necesidad de equipo especializado, su coste (Baxter-Jones, Eisenmann y Sherar, 2005 y Mirwald, Baxter-Jones, Bailey y Beunen, 2002), la exposición a la radiación de RX (Klug y de Fonseca, 2006) y la dependencia de la experiencia del observador.

El indicador sexual se apoya en el estudio de las características sexuales secundarias (Ogodescu, Bratu, Tudor, A. y Ogodescu, 2011). Es una técnica no invasiva que limita su utilización a la edad puberal (Klug y de Fonseca, 2006). Emplea la observación visual, luego existe la posibilidad de sobrestimación o superestimación de los estadios madurativos. Su uso no es se considera confortable para niños, adolescentes ni padres en contextos no clínicos (Mirwald, Baxter-Jones, Bailey y Beunen, 2002).

El indicador dental evalúa la maduración del alumnado en función del número de dientes en la cavidad oral (observando los dientes erupcionados) o por los estadios de calcificación dentaria (empleo de Rayos X) (Pereira-Viera, 2001). Es un método simple, no invasivo y de rápida ejecución que permite la medición madurativa desde el periodo embrionario hasta cerca del periodo adulto. Este indicador puede perder precisión con una mala nutrición, pérdida prematura de dientes y/o presencia de caries (Vieira, 2011); además, alcanzados los 14 años se dificulta identificar la edad pues a excepción del tercer molar, la mayoría de los dientes completaron su desarrollo (Prieto, Barbería, Ortega y Magaña, 2005 y Rai, Kaur y Jafarzadeh, 2010).

La maduración somática es evaluada mediante la identificación de la edad a la que sucede el PVC. Este indicador muestra la edad de máximo crecimiento durante el estirón del adolescente (Mirwald, Baxter-Jones, Bailey y Beunen, 2002) y se emplea en estudios longitudinales y transversales (Malina, Bouchard y Bar-Or, 2004). Es una técnica no invasiva (Machado y Barbanti, 2007), simple, práctica y con bajo costo operacional que requiere de una única evaluación de pocas variables. Se emplean ecuaciones de predicción para obtener el PVC en las que pueden existir una pérdida de precisión de predicción si se usan en diferentes poblaciones. Además, este indicador es susceptible a una mala nutrición, enfermedades y/o estrés mental. En estudios longitudinales, la medición se ha de hacer a lo largo de varios años (Mirwald, Baxter-Jones, Bailey y Beunen, 2002). A todo esto, hay que añadir que el pico de velocidad (PV) de estatura en niños sucede dos años posterior al de las niñas que aparece a los 12 años (Kelch y Beitins, 1994), luego madurativamente las niñas se sitúan de media dos años por delante.

En base a los estudios analizados, recalamos que la maduración esquelética o edad ósea es el indicador más útil, sin embargo, se considera que la predicción del PVC propuesta por Mirwald, Baxter-Jones, Bailey y Beunen (2002) es un método fiable, no invasivo, de bajo coste, de fácil

aplicación, que permite valorar a grandes poblaciones. Por ello, la predicción del PVC es el indicador más adecuado para valorar al alumnado escolar de forma trasversal (Gómez-Campos et al., 2013).

Objetivos

Preguntas: (1) ¿Existen correlaciones entre la maduración biológica del alumnado, su calificación escolar en el área de matemáticas y la variable sexo?; (2) ¿Qué métodos permiten atender a la diversidad de grados de madurez con objeto de prevenir dificultades académicas de aritmética/matemáticas?

Objetivos: Proponer metodologías de enseñanza y aprendizaje que se adapten a los diferentes perfiles madurativos del alumnado en el Tercer ciclo de Educación primaria para prevenir dificultades académicas de aritmética/matemáticas.

Hipótesis: (1) Existe una relación estadísticamente significativa entre la maduración biológica del alumnado y su calificación escolar en el área de matemáticas; y (2) Existe diferencia estadísticamente significativa entre la maduración biológica del alumnado, su calificación escolar en el área de matemáticas y la variable sexo.

Método

El método de investigación utilizado en este trabajo combina diferentes métodos: descriptivo, correlacional y causal-comparativo o ex post-facto. El primero de ellos nos ha permitido describir a través de puntuaciones de tendencia central como la media o de dispersión, como la desviación típica, el grado de madurez biológica del alumnado y sus calificaciones escolares en el área de matemáticas.

El segundo, de naturaleza correlacional, nos ha facilitado el análisis de las relaciones entre la maduración biológica y las calificaciones escolares en matemáticas. Y el tercero, de tipo causal-comparativo, nos ha facilitado establecer posibles diferencias entre la maduración biológica y calificaciones escolares de matemáticas en función de variables como el curso y grupo o el sexo.

En los tres casos, las evidencias utilizadas se han apoyado en las mediciones antropométricas (estatura, altura sentado, longitud de piernas y peso) como indicadores somáticos para determinar la madurez (Mirwald, Baxter-Jones, Bailey y Beunen, 2002; y Sherar, Mirwald, Baxter-Jones y Thomis, 2005) y la evaluación de la aptitud y actitud del alumnado en el área de matemáticas.

Participantes

Este estudio tomó como referencia la población de alumnos del Tercer ciclo de Educación primaria escolarizados en Andalucía, la muestra corresponde a los discentes matriculado en un centro público de El Viso del Alcor (Sevilla, ESP). El centro cuenta con enseñanzas para el Segundo ciclo de Educación infantil, Educación primaria y Educación básica especial (Educación especial apoyo a la integración); además de tener como servicios complementarios de Plan de apertura para las Actividades extraescolares, para el Aula matinal y para el Comedor (Junta de Andalucía, 2018).

Concretamente 91 discentes del Tercer ciclo de Educación primaria; este ciclo está organizado en dos grupos por cada nivel, es decir, dos clases para el quinto curso y otras dos para el sexto. El número de alumnos/as por clase es de: 23 discentes (12 masculino y 11 femenino) para 5ºA, 24 alumnos/as (14 masculino y 10 femenino) para 5ºB, 25 discentes (13 masculino y 12 femenino) para 6ºA y 19 alumnos/as (9 masculino y 10 femenino) para 6ºB; suponiendo un total de 48 alumnos y

43 alumnas de los que 2 de ellos son alumnos con necesidades específicas de apoyo educativo (NEAE). Este alumnado, en su mayoría, pertenece a familias de niveles socioeconómicos y culturales medio, con variadas profesiones y organizaciones familiares, con interés por la educación de sus hijos, y con predisposición para colaborar con el Centro en los aspectos que éste considere oportunos.

La muestra ha sido elegida de forma incidental, en función de la disponibilidad con la que contábamos para el trabajo.

Instrumentos

La recogida de información se ha llevado a cabo mediante una hoja de registro (véase *Anexo II. Hoja de registro*) en la que se recogieron las calificaciones escolares actuales en el área de matemáticas y los ítems necesarios para el cálculo de la edad biológica haciendo uso de las ecuaciones de regresión para predecir el pico de velocidad de crecimiento (PVC) según el método propuesto por Mirwald, Baxter-Jones, Bailey y Beunen (2002). Una vez calculado el PVC del estudiante (véase Tabla 1), se ha calculado la diferencia entre el PVC individual y la edad promedio en el PVC según sexo y tipo de maduración (temprana, promedio o tardía); calculada esta diferencia, fue sumada a la edad cronológica del sujeto para finalmente obtener la edad biológica.

TABLA 1. Ecuaciones de regresión para predecir el PVC

Fórmulas para estimar la maduración en cada género
Grado de maduración para el género masculino (R = 0,94 (R ² = 0,891): PVC = -9,232 + 0,0002708 (LMI*ATC) - 0,001663 (E*LMI) + 0,007216 (E*ATC) + 0,02292 (P/Est)
Grado de maduración para el género femenino (R = 0,94 (R ² = 0,890): PVC = -9,37 + 0,0001882 (LMI*ATC) + 0,0022 (E*LMI) + 0,005841 (E*ATC) - 0,002658 (E*P) + 0,07693 (P/Est)
LMI: longitud de los miembros inferiores; ATC: altura tronco cefálica; E: edad; P: peso; Est: estatura. Error estimativo de ±1 año en el 95% de los casos Fuente: Mirwald, Baxter-Jones, Bailey y Beunen, 2002.

Las mediciones antropométricas se llevaron a cabo en la hora de Educación física. Estas medidas se tomaron descalzo y con la vestimenta habitual del alumnado; las diferentes sesiones se realizaron en un pabellón cubierto en donde la temperatura era de 22±2 °C, algunos discentes llevaban manga y pantalón corto, aunque la mayoría llevaban pantalón largo y una camiseta ligera de manga larga.

Por otro lado, las calificaciones escolares de matemáticas las realizó el/a tutor/a de cada uno de los grupos tomando como referencia el momento en el que se recogieron las medidas para el cálculo de la edad biológica del alumnado. Se ha recogido dos notas por cada discente, una de aptitud y otra de actitud en el área de matemáticas, en una escala de 50 a 70 puntos en donde 50 implicaba el nivel curricular mínimo de matemáticas en el Tercer ciclo de Educación primaria y 70 el nivel curricular máximo de matemáticas en este mismo ciclo; pudiendo haberse colocado puntuaciones por debajo de 50 o por encima de 70 si fuera necesario.

Estas evidencias han sido completadas con una autoevaluación del programa educativo y una autoevaluación docente en el área de matemáticas con objeto de estudiar la existencia de una metodología común o similar en los cuatro grupos, situación que permitió descartar o confirmar diferencias en los resultados por metodologías docentes muy diferentes entre sí. Para la autoevaluación del programa se ha utilizado una escala lineal de cuatro puntos sobre la programación educativa (decisiones preactivas), en relación a las decisiones interactivas y en relación a la propia evaluación (metaevaluación); y para la autoevaluación docente una lista de control sobre la actuación docente que engloba la planificación de la secuencia y el análisis del desarrollo de la secuencia. Véase ambos instrumentos en el *Anexo III. Autoevaluaciones*.

Procedimientos

El procedimiento de análisis de la información recogida ha supuesto la organización y tabulación de la información de los datos, para ello se ha construido una matriz de codificación asignando un valor a cada modalidad de respuesta, a continuación, se ha elaborado una matriz de datos utilizando el software informático EXCEL de Microsoft Office para exportarlos a IBM SPSS. Con los datos una vez organizados se ha llevado a cabo un análisis descriptivo a través de descripciones de frecuencia, estadísticos de tendencia central (media) y de dispersión (desviación típica). El cálculo de las correlaciones entre la maduración biológica y la calificación escolar del área de matemáticas se ha realizado a partir del coeficiente de correlación r de Spearman; el contraste de las hipótesis en términos estadísticos se ha realizado para un nivel de confianza del 95%. Finalmente, la prueba t de Student para grupos independientes nos ha permitido determinar las posibles diferencias existentes entre las calificaciones escolares del alumnado en función del sexo.

Resultados

Con idea de enmarcar los resultados obtenidos del alumnado, previamente presentamos aquellos que hemos recabado mediante la autoevaluación del programa y la autoevaluación docente para posteriormente abordar aquellos propios del alumnado. El análisis se ha realizado para el conjunto de la muestra, pues todo el alumnado es susceptible de presentar dificultades de aprendizaje por falta de adecuación de las propuestas docentes a su ritmo individual de desarrollo biológico.

El profesorado ha reconocido no haber tenido en cuenta los ritmos individuales de desarrollo biológico de su alumnado, sus evaluaciones previas en aritmética/matemáticas se han centrado fundamentalmente en las producciones verbales y/o escritas de sus discentes. Se ha compartido los datos del análisis con el profesorado de matemática de los cuatro cursos participantes, estos nos han devuelto su sorpresa -sobre todo la de aquellos alumnos con edades biológicas más pequeñas que tenían calificaciones más bajas- y afirmaron que esta información influye en unas expectativas más positivas hacia sus discentes y abren la posibilidad de tomar medidas para una atención más inclusiva que ayude a prevenir y reducir dificultades de aprendizaje de los contenidos curriculares en el área de matemáticas.

TABLA 7. Estadísticos descriptivos de la autoevaluación del programa

		5ºA	6ºA
N	Válido	16	16
Media		3,8750	3,3750
Desviación estándar		,34157	,71880

Fuente: elaboración propia

Se registraron dos cuestionarios para el/la docente sobre la programación, los otros dos restantes fueron recogidos en blanco, luego solo se analizan los datos de 5ºA y 6ºA. Ambas programaciones educativas tienen medias con una diferencia de 0,5 puntos a favor de 5ºA (3,8750 para 5ºA y 3,3750 para 6ºA) y desviaciones estándar bajas (0,34157 para 5ºA y 0,7188 para 6ºA). Aparte de estos valores 6ºA siempre ha tenido en cuenta el Proyecto educativo y acuerdos del Equipo técnico de coordinación pedagógica (ETCP) y áreas de competencias, una decisión preactiva muy importante que ha sido tenida en cuenta más en este grupo que en 5ºA; por el contrario, las puntuaciones más bajas -y que hacen bajar la media- de 6ºA se encuentran en que la utilización de materiales y recursos, y en la participación activa del alumnado (ambas en el valor 2, frente al valor 4 de 5ºA).

En cuanto a la autoevaluación docente se obtuvieron resultados muy similares, existiendo únicamente diferencia en el punto 8 en donde 5ºA indicó “No” a “He elaborado y compartido con el alumnado indicadores de logro de la secuencia”; el resto de respuesta fueron contestadas con “Sí”.

Resultados de análisis para el conjunto de la muestra

A continuación, presentaremos los resultados obtenidos en el análisis estadístico descriptivo de frecuencia; analizando la tendencia central (media) y dispersión (desviación estándar). Para posteriormente abordar las correlaciones del alumnado y sus calificaciones.

TABLA 2. Estadísticos descriptivos de las edades y calificaciones escolares

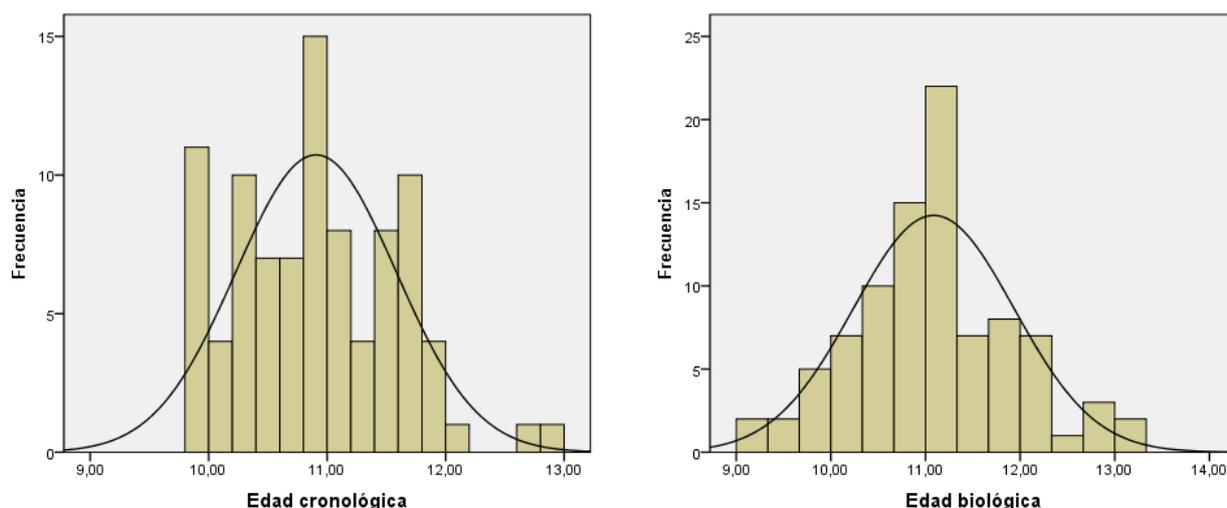
	Media	Desviación estándar
Edad cronológica	10,9065	,67678
Edad biológica	11,0866	,84963
Aptitud en matemáticas	61,6923	4,98150
Actitud en matemáticas	61,9066	4,97321

Fuente: elaboración propia

La media de la edad cronológica es de 10,9065 años y la media de la edad biológica es de 11,0866 años, esto quiere decir que la madurez biológica es levemente acelerada para toda la muestra ya que la edad biológica media es superior a la cronológica en 0,1801 años. Las desviaciones estándar también difieren, teniendo la edad biológica (0,84963) una mayor dispersión que la edad cronológica (0,67678).

Las calificaciones de matemáticas describen una media de 61,6923 puntos en aptitud y de 61,9066 puntos en actitud, luego existe mejores calificaciones en actitud (0,2143 puntos más de media) que en aptitud. Por el contrario, la desviación estándar de la aptitud (4,9815) es mayor a la actitud (4,97321), aún en valores casi despreciables (0,00829).

GRÁFICO 1. Histogramas de frecuencia de las edades del alumnado



Fuente: Elaboración propia

El gráfico 1 muestra dos histogramas de frecuencia, el primero de ellos corresponde a la edad cronológica y el segundo a la edad biológica. Sobre los histogramas se encuentra la curva de normalidad. El histograma correspondiente a la edad biológica se ajusta más a la curva de

normalidad o campana de Gauss que el histograma de la edad cronológica. Existe un continuo de frecuencias en la edad biológica, algo que no sucede en la edad cronológica.

Abordado el análisis estadístico descriptivo de frecuencia, pasamos a los resultados de las correlaciones bivariadas mediante prueba de significación bilateral.

TABLA 3. Correlaciones entre las edades y las calificaciones en matemáticas

	Edad cronológica	Edad biológica	Aptitud en matemáticas	Actitud en matemáticas
Edad cronológica	1	,668**	,677**	,632**
Edad biológica		1	,421**	,331**
Aptitud en matemáticas			1	,975**
Actitud en matemáticas				1

Fuente: elaboración propia

La tabla 3 recoge en cada una de las casillas dos valores: el primero de ellos supone el coeficiente de correlación o valor de la correlación²; y el segundo, la significación bilateral o significación estadística asociada a la correlación³. Los dos asteriscos (**) suponen que la correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Si nos fijamos en la tabla de correlaciones nos daremos cuenta que todas las correlaciones son estadísticamente significativas, pues todas ellas presentan una correlación estadística significativa al menos al 99%. No obstante, los grados o niveles de correlación no siempre son los mismos. La edad cronológica tiene una mayor correlación con las calificaciones de matemáticas que la edad biológica. Existe una buena correlación entre la edad cronológica y los resultados en matemáticas (en aptitud 0,677**; y en actitud 0,632**); moderada correlación entre la edad biológica y la aptitud en matemáticas (0,421**) y escasa correlación de la edad biológica con la actitud en matemáticas (0,331**).

Resultados de análisis en función de la variable sexo

A continuación, vamos a presentar los resultados obtenidos en el análisis de las puntuaciones de los discentes en aptitud y actitud en matemáticas considerando la variable sexo. Para finalmente exponer las correlaciones del alumnado y sus calificaciones en función de la variable citada.

TABLA 4. Medias y desviaciones típicas, en función del sexo

	Sexo	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Edad cronológica	M	10,8947	,74913	,10813
	F	10,9196	,59426	,09062
Edad biológica	M	11,5273	,72845	,10514

² Un valor más alto indica una mayor correlación; en este sentido 0,834 es una correlación más alta que 0,377.

³ Si un valor tiene un grado de significación inferior a 0,05 cabría afirmar que la correlación entre dos elementos no es fruto del azar. Con relación a esto último, los asteriscos nos indican de un modo rápido y sencillo cómo interpretar la significación de la correlación: si no hay asterisco la correlación no es estadísticamente significativa, por tanto, el valor de la correlación se debe al azar; si hay un asterisco la correlación es estadísticamente significativa al 95%; y, si hay dos asteriscos la correlación es estadísticamente significativa al menos al 99%.

	F	10,5947	,69524	,10602
Aptitud en matemáticas	M	61,4167	4,79287	,69179
	F	62,0000	5,22357	,79659
Actitud en matemáticas	M	61,3438	4,61629	,66630
	F	62,5349	5,32782	,81248

Fuente: elaboración propia

La tabla de medias y desviaciones típicas, en función del sexo, destaca: medias de edades cronológicas similares (10,8947 años para el sexo masculino; y 10,9196 años en el femenino); notoria diferencia de edades biológicas en la que los alumnos tienen de media 0,9326 años más que las alumnas; una desviación notoria en aptitud en matemáticas (4,79287 para el sexo masculino y 5,22357 en el femenino) y en actitud (4,61629 para el sexo masculino y 5,32782 en el femenino) tanto en el sexo masculino, como en el femenino; y no solo eso, sino que además las medias más altas (sexo femenino) son aquellas vinculadas con las desviaciones típicas más elevadas. El sexo femenino tiene una puntuación mayor en aptitud y actitud en matemáticas (respectivamente 0,5833 y 1,1911 puntos).

En último lugar, destacamos la media de error estándar. Los valores más altos se encuentran en la variable femenina (0,79659 en aptitud y 0,81248 en actitud) con una diferencia de 0,1048 en aptitud y 0,14618 en actitud.

TABLA 5. Prueba t de Student para determinar diferencias entre puntuaciones en las calificaciones de matemáticas considerando la variable sexo

	Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior
Edad cronológica	2,358	,128	-	89	,862	-,02494	,14288	-,30883	,25896
			,17	5					
			-	87,7	,860	-,02494	,14108	-,30532	,25544
			,17	61					
			7						
Edad biológica	,127	,722	6,2	89	,000	,93259	,14971	,63513	1,23005
			30						
			6,2	88,6	,000	,93259	,14932	,63588	1,22930
			46	30					
Aptitud en matemáticas	2,659	,106	-	89	,580	-,58333	1,05003	-	1,50305
			,55	6				2,66972	
			-	85,6	,582	-,58333	1,05505	-	1,51414
			,55	88				2,68081	
			3						
Actitud en matemáticas	5,246	,024	-	89	,256	-1,19113	1,04248	-	,88025
			1,1	43				3,26252	

entre la edad biológica y las calificaciones en matemáticas (en aptitud 0,468**; y en actitud 0,416**). En el otro sexo, en el masculino, buena correlación entre la edad cronológica y los resultados en matemáticas (en aptitud 0,758**; y en actitud 0,694**); buena correlación entre la edad biológica y la aptitud en matemáticas (0,617**) y moderada correlación de la edad biológica con la actitud en matemáticas (0,547**).

Discusión y conclusiones

Conclusiones

En esta investigación nos propusimos como objetivo general *Proponer metodologías de enseñanza y aprendizaje que se adapten a los diferentes perfiles madurativos del alumnado en el Tercer ciclo de Educación primaria para prevenir dificultades académicas de aritmética/matemáticas*. En función de este objetivo general desarrollamos las siguientes conclusiones con la ayuda de las hipótesis que nos formulamos en su día.

Los discentes tienen mejores calificaciones en actitud que en aptitud matemática, esto plantea la necesidad de realizar ciertos cambios en la metodología de enseñanza y aprendizaje con objeto de mejorar los resultados académicos y prevenir dificultades de aritmética/matemáticas. Estos cambios metodológicos deben pasar por una planificación sistemática fundamentada en los principios pedagógicos y biológicos (Prado y Arias, 2008), siendo la edad biológica el único marcador que orienta las transiciones entre las diferentes etapas de desarrollo biológico; todo ello sin olvidar la interrelación entre los factores cognitivos, morales, emocionales y físicos (Balyi et al., 2005).

En los histogramas de frecuencias de las edades del alumnado apreciamos la discontinuidad de la edad cronológica como criterio para la agrupación del alumnado; por el contrario, la frecuencia de la edad biológica se ajusta a la curva de normalidad de forma continua y a lo largo de toda ella, algo que no sucede con la edad cronológica. Además, destaca la presencia de estudiantes con maduraciones tardías, cuyas edades biológicas son inferiores a sus edades cronológicas; una característica individual del alumnado que no está siendo tenida en cuenta, situación que está generando dificultades de enseñanza y aprendizaje como veremos más adelante al abordar el análisis de las correlaciones. A raíz de esto, coincidiendo con Milana (2000), afirmamos que la edad cronológica es de limitada utilidad en la evaluación del crecimiento y la maduración.

Existe correlación significativa al menos al 99% -nivel de confianza claramente superior al establecido inicialmente (95%)- entre las calificaciones de aptitud y actitud en matemáticas y las edades, tanto cronológicas como biológicas, de manera que coincidimos con González-Pienda, (2003) afirmando que la edad es una variable personal condicionante del rendimiento académico. Destaca una mayor correlación de las calificaciones con la edad cronológica que con la edad biológica, esto nos sugiere que la edad biológica no es el único factor que influye en el rendimiento académico y que el profesorado y cualquier otra persona que esté en contacto con el/la alumno/a puede influir en su rendimiento académico y/o dificultades en aritmética/matemáticas por el simple hecho de tener como referencia la edad cronológica del alumnado; de manera que se justifica la necesidad de atender a la edad biológica, pues de no ser atendida se atenderá al criterio cronológico; las percepciones operan como efecto productor de resultados, en este caso, educativos. Es la profecía autocumplida de Merton (1957), en tanto que las situaciones percibidas como reales lo son en sus consecuencias.

Al tener en cuenta la variable sexo, se reproduce la situación anterior en donde la edad cronológica tiene una mayor correlación con los resultados en matemáticas que el criterio biológico, pero a diferencia del análisis anterior, las correlaciones son mayores, excepto en el sexo femenino en donde la edad cronológica tiene una menor correlación con los resultados en matemáticas si se

compara con las correlaciones de toda la muestra. Luego nos indica que alumnos y alumnas tienen ciertas diferencias en el rendimiento académico para una misma edad biológica -posteriormente discutiremos si esa diferencia es significativa o no- y que las correlaciones entre la edad biológica y la aptitud y actitud en matemática son mayores que las correlaciones inicialmente previstas, especialmente en los varones.

Así que, teniendo en cuenta todo lo anterior se acepta la hipótesis (1) *Existe una relación estadísticamente significativa entre la maduración biológica del alumnado y su calificación escolar en el área de matemáticas*. Lógicamente, esto implica también una relación estadísticamente significativa entre la edad cronológica y las calificaciones escolares en el área de matemáticas, pues la mayor correlación entre la edad cronológica y cualquier otro ítem estudiado se da con la edad biológica si se tiene en cuenta la variable sexo; si no se tiene en cuenta esta variable, la correlación entre ambas edades no es la más alta de todas las analizadas, algo coherente teniendo en cuenta las diferencias biológicas entre ambos sexos.

Continuando con la variable género, existe diferencia entre las calificaciones en función del sexo, pero esta diferencia no es significativa ya que su nivel de confianza no alcanza el 95%. Por el contrario, la edad biológica sí es claramente diferente entre ambos sexos -coincidiendo con las ideas de Machado, Bonfim y Costa (2009)- y cuya diferencia tiene un nivel de confianza del 100%. En este sentido, se acepta la hipótesis nula que niega la existencia de diferencias entre la maduración biológica del alumnado, su calificación escolar en el área de matemáticas y la variable sexo, pues solo se cumple parte de la hipótesis (diferencia significativa entre la maduración biológica).

Finalmente, las autoevaluaciones docentes y de los programas educativos indican que los grupos tienen metodologías de enseñanza y aprendizaje similares, por consiguiente, se limitan posibles interferencias en los resultados por metodologías docentes y programas educativos notoriamente diferentes entre sí.

Implicaciones

Las tres implicaciones más relevantes que podemos sacar de este estudio son las siguientes:

- La consistencia de la maduración biológica; en este sentido, la edad cronológica es de limitado uso (Gadea de Nicolas, 1998), especialmente para la evaluación del crecimiento y la maduración (Malina, 2000). Existe una relación significativa, estadísticamente hablando, entre las calificaciones en aptitud y actitud matemática y la edad biológica del alumnado.
- La no existencia de diferencias entre alumnos y alumnas. Por norma general no existe o no se puede asignar a priori un mejor o peor resultado a una muestra en función del sexo.
- La eficacia del método propuesto por Mirwald, Baxter-Jones, Bailey y Beunen (2002) como propuesta metodológica que permite conocer mejor al alumnado y adaptarse a los diferentes perfiles madurativos de los discentes en el Tercer ciclo de Educación primaria, todo ello con objeto de prevenir dificultades académicas de aritmética/matemáticas mediante una técnica no invasiva (Machado y Barbanti, 2007), simple, práctica y con bajo costo operacional que requiere de una única evaluación de pocas variables; características que lo convierten en el método más adecuado para valorar la maduración biológica del alumnado escolar de forma transversal (Gómez-Campos et al., 2013).

Las anteriores implicaciones, especialmente la última, nos lleva a *Proponer metodologías de enseñanza y aprendizaje que se adapten a los diferentes perfiles madurativos del alumnado en el Tercer ciclo de Educación primaria para prevenir dificultades académicas de aritmética/matemáticas* (objetivo principal de la investigación). Entre las metodologías, proponemos:

- Monitorizar el ritmo individual de desarrollo biológico del alumnado. Calcular la edad biológica del alumnado dos veces durante un curso académico haciendo uso del método propuesto por Mirwald, Baxter-Jones, Bailey y Beunen (2002). Las mejores fechas para

registrar la edad biológica son las cuatro primeras semanas para el primer registro y unas ocho semanas antes de terminar el curso escolar.

- Respetar el ritmo individual de desarrollo del alumnado. No acelerar o quemar etapas, adaptar las propuestas educativas a las características personales del alumnado para que todos los discentes puedan estar haciendo una misma tarea aun con roles diferentes. Recordad que la evolución implica aspectos biológicos, psicológicos, sociales y culturales (Spear, 2000) que no siempre siguen el mismo ritmo de desarrollo.
- Prevenir posibles futuras dificultades de enseñanza y aprendizaje. Conociendo las edades biológicas del alumnado, prestar especial atención a aquellos discentes cuyas maduraciones biológicas sean tardías y en caso de que se considere necesario, adelantar el uso de ciertas ayudas o adaptaciones curriculares no significativas.
- Antes de describir un desfase, consultar la edad biológica del alumnado y en el caso de que este exista especificar si el desfase es con respecto al grupo clase (criterio cronológico) o respecto al alumno/a (criterio biológico).
- Compartir los resultados con el resto de compañeros. Aunque aún no haya sido objeto de estudio, nada indica que no pueda ser aplicable a otras áreas o especialidades educativas para prevenir dificultades de enseñanza y aprendizaje. Aunque no se haya abordado en esta investigación, la literatura científica ha hablado sobre la consistencia de la maduración biológica en el área de Educación física; algo que, dicho sea de paso, casi ni existe en cuanto a su aplicación y eso que parece ser la mejor herramienta para detectar futuros talentos deportivos y para aprovechar las ventanas aceleradas al entrenamiento, además de haberse demostrado la interacción entre los factores físicos, mentales, cognitivos y emocionales (Balyi et al., 2005); y no solo esto, sino también la correlación ordinal significativa entre el desarrollo psicomotor y el rendimiento escolar de lenguaje, matemáticas, precálculo y funciones básicas (Vergara y Pérez, 2006).

A raíz de las propuestas metodológicas anteriores, abordamos la mejora continua (Kaizen) como filosofía de trabajo e instrumento de evaluación de la propuesta de intervención preventiva de dificultades de enseñanza y aprendizaje. El marco de desarrollo del estudiante a largo plazo se basa en el principio de mejora continua, tanto en su evolución dinámica como en su aplicación. El concepto de mejora continua proviene de la respetada filosofía industrial japonesa conocida como Kaizen. La mejora continua garantiza que el desarrollo del discente a largo plazo:

- Responde e incorpora las innovaciones y observaciones científicas, de enseñanza y aprendizaje de aritmética/matemáticas en particular y de las etapas educativas en general, y está sujeto a una investigación continua en todos sus aspectos.
- Funciona como vehículo en constante evolución para el cambio, refleja todas las facetas emergentes de la educación de aritmética/matemáticas -en particular- para garantizar la entrega sistemática y lógica de los programas a todas las edades.
- Promueve la educación continua y la sensibilización de todas las partes interesadas en el campo educativo sobre la relación entre aritmética/matemáticas, educación, desarrollo personal, estudio de por vida, ámbito profesional e investigación.
- Promueve la integración entre sectores basados en principios comunes y objetivos compartidos.

En consecuencia, todos los socios están invitados a contribuir a la evolución y al desarrollo continuos de los discentes a largo plazo, en beneficio de todos los ciudadanos.

Limitaciones

No se ha podido descartar de forma rotunda posibles interferencias en los resultados por metodologías docentes y programas educativos significativamente diferentes ya que, de los cuatro grupos analizados, solo dos participaron en esta parte de la investigación.

Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses.

Referencias bibliográficas

- American Medical Association/American Dietetic Association. (1991). Targets for adolescents health: Nutrition and physical Fitness. *Chicago: American medical Association.*
- Balyi, I. Way, R., y Higgs, C. (2013). *Long-Term Athlete Development.* Champaign, IL: Human Kinetics.
- Balyi, I., Way, R., Norris, S., Cardinal, C. y Higgs, C. (2005). Canadian sport for life: Long-term athlete development resource paper. *Vancouver, BC: Canadian Sport Centres.*
- Baxter-Jones, A. D., Eisenmann, J. C. y Sherar, L. B. (2005). Controlling for maturation in pediatric exercise science. *Pediatric Exercise Science, 17(1), 18-30.*
- Beunen, G. P., Rogol, A. D. y Malina, R. M. (2006). Indicators of biological maturation and secular changes in biological maturation. *Food and Nutrition Bulletin, 27(4_suppl5), S244-S256.*
- Bojikian, L. P., Teixeira, C. P., Böhme, M. T. S. y Ré, A. H. N. (2005). Relações entre crescimento, desempenho motor, maturação biológica e idade cronológica em jovens do sexo masculino. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte, 19(2), 153-162.*
- Cameron, J. L. (1996). Nutritional determinants of puberty. *Nutrition reviews, 54, S17-S22.*
- CEDEC (2014). Plantilla de autoevaluación del docente. Recuperado el 21 de mayo de 2017, en <https://es.slideshare.net/cedecite/autoevaluaciondocente-38734069>.
- Crespo, I., Valera, J., Gonzales, G. F. y Guerra García, R. (1995). Crecimiento y desarrollo de niños y adolescentes a diversas alturas sobre el nivel del mar. *Acta andin, 4(1), 53-64.*
- Chen, P., Soares, A. M., Lima, A. A., Gamble, M. V., Schorling, J. B., Conway, M., ... y Guerrant, R. L. (2003). Association of vitamin A and zinc status with altered intestinal permeability: analyses of cohort data from northeastern Brazil. *Journal of Health, Population and Nutrition, 309-315.*
- Crain, W. (2015). *Theories of Development: Concepts and Applications: Concepts and Applications.* Psychology Press.
- Committee on Sports Medicine and Fitness. (2000). Intensive training and sports specialization in young athletes. *Pediatrics, 106(1), 154-157.*
- Cossio-Bolaños, M. A., de Arruda, M., Núñez Álvarez, V. y Lancho Alonso, J. L. (2011). Efectos de la altitud sobre el crecimiento físico en niños y adolescentes. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte, 4(2).*
- Cumming, S. P., Gillison, F. B. y Sherar, L. B. (2011). Biological maturation as a confounding factor in the relation between chronological age and health-related quality of life in adolescent females. *Quality of Life Research, 20(2), 237-242.*
- Erazo, B., Amigo, C., De Andraca, O., y Bustos, M. (1998). Déficit de crecimiento y rendimiento escolar. *Revista chilena de pediatría, 69(3), 94-98.*
- Erikson, E. (1959). *Identity and the life cycle: Psychological issues 1.* New York, NY: International Universities Press.
- Erikson, E. (1964). *Insight and responsibility: Lectures on the ethical implications of psychoanalytic insight.* New York, NY: W. W. Norton.
- Freedman, D. S., Khan, L. K., Serdula, M. K., Dietz, W. H., Srinivasan, S. R. y Berenson, G. S. (2003). The relation of menarcheal age to obesity in childhood and adulthood: the Bogalusa heart study. *BMC pediatrics, 3(1), 3.*
- Forbes, G. B. (1987). Influence of nutrition. In *Human Body Composition* (pp. 209-247). Springer, New York, NY.
- Gadea de Nicolas, L. (1998). Escuela para Padres y Maestros. *México: Cedi.*

- Gallahue, D. L. (1989). *Understanding motor development: Infants, children, adolescents*. Indianapolis, IN: Benchmark. *Google Scholar*.
- Gallahue, D. L., Ozmun, J. C. y Goodway, J. (2006). *Understanding motor development: Infants, children, adolescents, adults*. Boston.
- Gesell, A. (1929). Maturation and infant behavior pattern.
- Gesell, A. (1933). Maturation and the patterning of behavior.
- Golden, M. H. N. (1988). The role of individual nutrient deficiencies in growth retardation of children as exemplified by zinc and protein. In *Nestle nutrition workshop series (USA)*.
- Gómez-Campos, R., De Arruda, M., Hobold, E., Abella, C. P., Camargo, C., Salazar, C.M. y Cossio-Bolaños, M.A. (2013). Valoración de la maduración biológica: usos y aplicaciones en el ámbito escolar. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 6(4), 151-160.
- González-Pienda, J. A. (2003). El rendimiento escolar. Una análisis de las variables que lo condicionan.
- Greksa, L. P. (2006). Growth and development of Andean high altitude residents. *High altitude medicine & biology*, 7(2), 116-124.
- Greulich, W. W., Pyle, S. I. y Todd, T. W. (1959). *Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist* (Vol. 2, pp. 150-159). Stanford: Stanford university press.
- Haas, J. D., Baker, P. T. y Hunt Jr, E. E. (1977). The effects of high altitude on body size and composition of the newborn infant in southern Peru. *Human biology*, 611-628.
- Hack, M., Breslau, N., Weissman, B., Aram, D., Klein, N. y Borawski, E. (1991). Effect of very low birth weight and subnormal head size on cognitive abilities at school age. *New England Journal of Medicine*, 325(4), 231-237.
- Hack, M., Taylor, H. G., Klein, N., Eiben, R., Schatschneider, C. y Mercuri-Minich, N. (1994). School-age outcomes in children with birth weights under 750 g. *New England Journal of Medicine*, 331(12), 753-759.
- Izquierdo, M. y Ibañez, J. (2007). Crecimiento y maduración del deportista joven. Aplicación para el desarrollo de la fuerza (resumen). PubliCE Premium.
- Junta de Andalucía. (2018). Conserjería de educación. Recuperado el 21 de octubre de 2018, de <http://www.juntadeandalucia.es/educacion/>
- Kelch, R. P. y Beitins, I. Z. (1994). Adolescent sexual development. *The diagnosis and treatment of endocrine disorders in childhood and adolescence*. 4th ed. Springfield, IL: Charles C Thomas, 193-234.
- Klug, D. P. y de Fonseca, P. H. S. (2006). Análise da maturação feminina: um enfoque na idade de ocorrência da menarca. *Journal of Physical Education*, 17(2), 139-147.
- Ladaga, A. M. L. (2006). Justicia pedagógica y atención a la diversidad. *Revista complutense de educación*, 17(2), 51.
- Machado, D.R.L. y Barbanti, V.J. (2007). Maturação esquelética e crescimento em crianças e adolescentes. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*, 9(1), 12-20.
- Machado, D. R. L., Bonfim, M. R. y Costa, L. T. (2009). Pico de velocidade de crescimento como alternativa para classificação maturacional associada ao desempenho motor. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*, 11(1), 14-21.
- Malina, R. M. (2000). Growth and maturation: do regular physical activity and training for sport have a significant influence. *Paediatric exercise science and medicine*, 95-106.

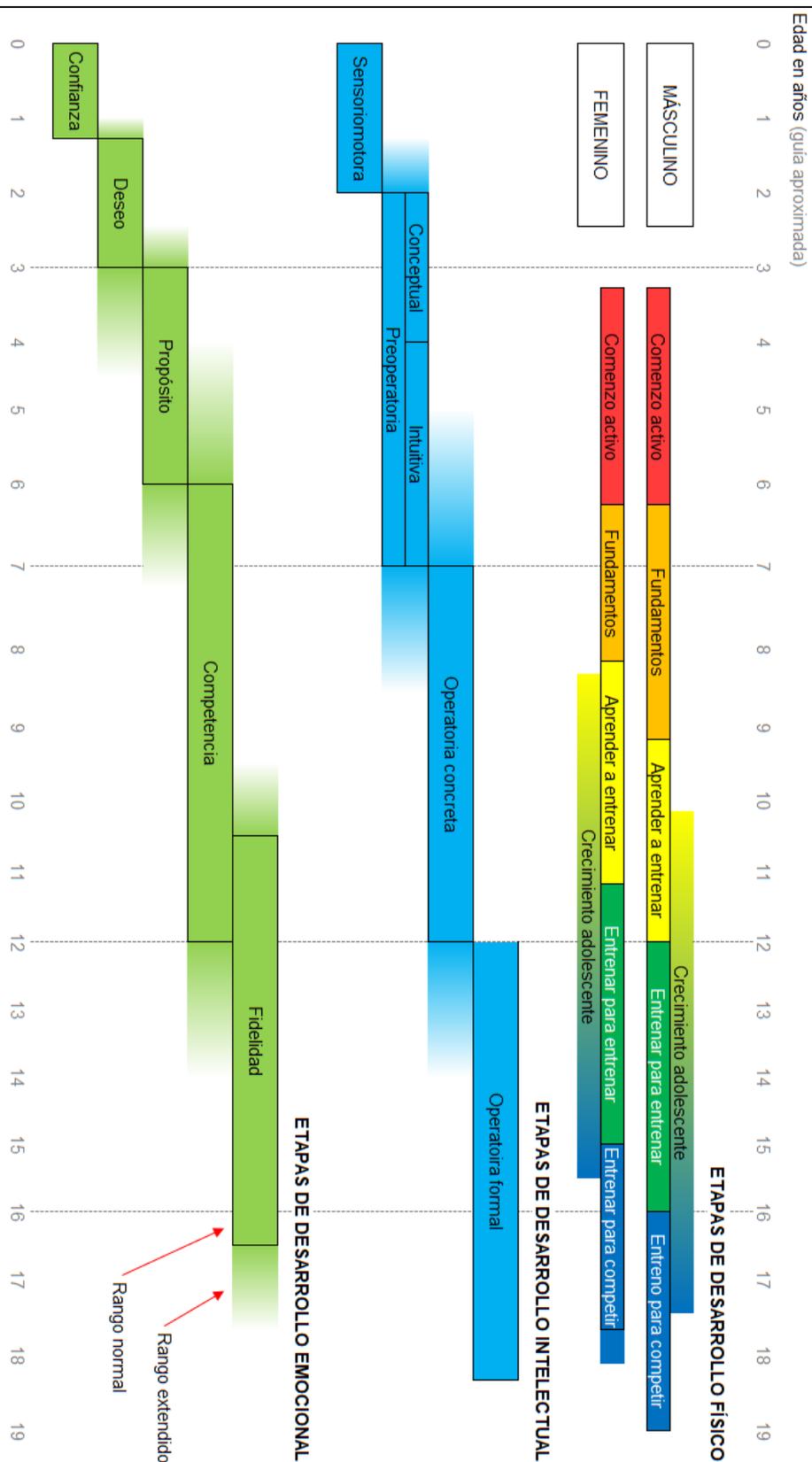
- Malina, R. M., Bouchard, C. y Bar-Or, O. (2004). Growth, maturation, and physical activity. *Human kinetics*.
- Malina, R. M. (2008). Crescimento de crianças latino-americanas: comparações entre os aspectos sócio-econômicos, urbano-rural e tendência secular. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, 4(3), 39-45.
- Manjarrez Gutiérrez, J. (2014). *Maduración cerebral y rendimiento académico en alumnos de una primaria pública*. Recuperado el 20 de noviembre de 2018, de: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/49911/JUANA%20MANJARREZ%20%20GUTIERREZ.pdf?sequence=1>
- Marshall, W. A. y Tanner, J. M. (1969). Variations in pattern of pubertal changes in girls. *Archives of disease in childhood*, 44(235), 291.
- Martell, M., Burgueño, M., Arbón, G., Weinberger, M. y Alonso, R. (2007). Crecimiento y desarrollo en niños de riesgo biológico y social en una zona urbana de Montevideo. *Archivos de Pediatría del Uruguay*, 78(3), 209-216.
- Matero Peláez, P., Cabello Rubio, A. y Herrera Atienza, F. (2017). Programación Educación física. IES Pepe Ruíz Vela. Curso: 2017-2018. Rescatado el 2 de agosto de 2018, en: <https://blogsaverroes.juntadeandalucia.es/iespeperuizvela/files/2018/07/DPTO.-EDUCACI%C3%93N-F%C3%8DSICA-2017-18.pdf>
- Merton, R. K. (1957). *Social theory and social structure*, Glencoe. IIE.: Free Press.
- Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D. G., Bailey, D. A. y Beunen, G. P. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(4), 689-694.
- Nieto, M. y Torres, A. P. (2008). *Por qué hay niños que no aprenden?* La Prensa Médica Mexicana.
- Ogodescu, A. E., Bratu, E., Tudor, A. y Ogodescu, A. (2011). Estimation of child's biological age based on tooth development. *Rom J Leg Med*, 19(2), 115-24.
- Pereira-Viera, S. (2001). Correlacao entre a idade cronológica ea mineralizacao do terceiro molar através do método de Demirjian. *Disertacao de Mestrado em Medicina dentaria. Faculdade de ciências da saúde/Universidade Fernando Pessoa, Porto*.
- Piaget, J. (1954). *The construction of reality in the child*. (M. Cook, Trans.). New York, NY: Basic Books. (Original work published 1937)
- Prado Pérez, J. R. y Arias, W. (2008). Valoración del grado de maduración biológica en escolares de escuelas básicas a través del Índice de Desarrollo Corporal de Siret. *Lecturas: Educación física y deportes* (121), 25.
- Prieto, J. L., Barbería, E., Ortega, R. y Magaña, C. (2005). Evaluation of chronological age based on third molar development in the Spanish population. *International Journal of Legal Medicine*, 119(6), 349-354.
- Rai, B., Kaur, J. y Jafarzadeh, H. (2010). Dental age estimation from the developmental stage of the third molars in Iranian population. *Journal of forensic and legal medicine*, 17(6), 309-311.
- Rogol, A. D., Clark, P. A. y Roemmich, J. N. (2000). Growth and pubertal development in children and adolescents: effects of diet and physical activity-. *The American journal of clinical nutrition*, 72(2), 521S-528S.
- Rogol, A. D., Roemmich, J. N. y Clark, P. A. (2002). Growth at puberty. *Journal of adolescent health*, 31(6), 192-200.
- Rosenbloom, A. L. (2007). Fisiología del crecimiento. *Annales Nestlé (Ed. española)*, 65(3), 99-110.
- Schneirla, T.C. (1957). The concept of development in comparative psychology. *The concept of development*, 78-108.

- Sigman, M. (2015). *La vida secreta de la mente: Nuestro cerebro cuando decidimos, sentimos y pensamos*: Penguin Random House Grupo Editorial Argentina.
- Sherar, L.B., Mirwald, R.L., Baxter-Jones, A.D.G. y Thomis, M. (2005). Prediction of adult height using maturity-based cumulative height velocity curves. *The Journal of pediatrics*, 147(4), 508-514.
- Simsek, F., Ulukol, B. y Baskan Gulnar, S. (2005). The secular trends in height and weight of Turkish school children during 1993–2003. *Child: care, health and development*, 31(4), 441-447.
- Spear, L. P. (2000). The adolescent brain and age-related behavioral manifestations. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 24(4), 417-463.
- Stinson, S. (1982). The effect of high altitude on the growth of children of high socioeconomic status in Bolivia. *American Journal of Physical Anthropology*, 59(1), 61-71.
- Sun, S. S., Schubert, C. M., Chumlea, W. C., Roche, A. F., Kulin, H. E., Lee, P. A., ... y Ryan, A. S. (2002). National estimates of the timing of sexual maturation and racial differences among US children. *Pediatrics*, 110(5), 911-919.
- Tanner, J. M. (1968). Earlier maturation in man. *Scientific American*, 218(1), 21-27.
- Tanner, J. M. (1990). *Foetus into man: Physical growth from conception to maturity*. Harvard University Press.
- Taylor, H. G., Klein, N., Minich, N. M. y Hack, M. (2000). Middle-school-age outcomes in children with very low birthweight. *Child development*, 71(6), 1495-1511.
- Tremblay, A. (2004). Dietary fat and body weight set point. *Nutrition reviews*, 62(suppl_2), S75-S77.
- Torun, B. (1996). Energy requirements and dietary energy recommendations for children and adolescents 1 to 18 years old. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 50, S37-S81.
- Vieira, S. I. P. (2011). *Correlação entre a idade cronológica e a mineralização do terceiro molar através do Método de Demirjian*(Doctoral dissertation, [sn]).
- Vergara, E. y Pérez, J. A. S. (2006). Correlación entre el desarrollo psicomotor y el rendimiento escolar, en niños de primer año de educación básica, pertenecientes a establecimientos municipales de dos comunas urbanas de la Región Metropolitana. *Kinesiología*, 25(4), 4-10.
- Warren, M. P. (1980). The effects of exercise on pubertal progression and reproductive function in girls. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 51(5), 1150-1157.
- Woolfolk, A. (2006). *Psicología educativa*. Pearson educación.

Anexos

Anexo I. Las etapas de desarrollo

FIGURA 1. Relaciones entre las etapas de desarrollo físico, intelectual, emocional y moral



Fuente: Adaptado del trabajo de Piaget, 1954; Erikson, 1959, 1964; Balyi, Way y Higgs, 2013.

Anexo II. Hoja de registro

FIGURA 2. Captura de la hoja de registro utilizada en la recogida de datos para la maduración biológica y las calificaciones escolares

HOJA DE REGISTRO

FECHA: _____

MADURACIÓN BIOLÓGICA

ID	FECHA NACIMIENTO	SEXO	ESTATURA	ALTURA SENTADO	PESO	CALIFICACIÓN ACTUAL EN MATEMÁTICAS	
						APTITUD	ACTITUD
01							
02							
03							
04							
05							
06							

...

Fuente: Elaboración propia.

Anexo III. Autoevaluaciones

Autoevaluación del programa

La autoevaluación del programa se lleva a cabo mediante un **cuestionario** que emplea una escala lineal en la que 1 es “No, nunca” y 4 significa “Sí, siempre”.

TABLA 8. Cuestionario para el/la docente sobre la programación

PROGRAMACIÓN EDUCATIVA (DECISIONES PREACTIVAS)				
¿Se ha tenido en cuenta el contexto?	1	2	3	4
¿Se ha tenido en cuenta el Proyecto Educativo y acuerdos del ETCP y áreas de competencias?	1	2	3	4
¿La adecuación y concreción de los indicadores ha sido correcta?	1	2	3	4
¿Se ha desarrollado adecuadamente los criterios e indicadores para el curso escolar?	1	2	3	4
¿Se han fijado los criterios e indicadores adecuados que se vinculan a las competencias claves?	1	2	3	4
¿Se han concretado adecuadamente los contenidos a partir de las situaciones comunicativas?	1	2	3	4
¿Se han desarrollado actividades para favorecer elementos transversales?	1	2	3	4
¿La idoneidad de las actividades, medios didácticos, recursos, escenarios y situaciones de aprendizaje se ha ajustado al nivel del alumnado?	1	2	3	4
¿Las tareas integradas se han ajustado a los indicadores?	1	2	3	4
EN RELACIÓN A LAS DECISIONES INTERACTIVAS				
¿La información inicial y conocimiento de resultados ha sido correcto?	1	2	3	4

¿La secuencia de actividades en las diferentes UD's se han ajustado al nivel del alumnado?	1	2	3	4
¿La utilización del material y los recursos ha sido satisfactoria?	1	2	3	4
¿Las estrategias de resolución de conflictos y problemas de convivencia fueron eficaces?	1	2	3	4
¿Se ha desarrollado adecuadamente estrategias emocionales en las UD's?	1	2	3	4
¿El grado de satisfacción en las relaciones humanas ha sido adecuado?	1	2	3	4

EN RELACIÓN A LAS PROPIA EVALUACIÓN (META-EVALUACIÓN)

¿Los procedimientos e instrumentos empleados han tenido en cuenta el nivel del alumnado?	1	2	3	4
¿Ha participado el alumnado en el proceso de enseñanza?	1	2	3	4
¿La información obtenida ha sido para mejorar el proceso?	1	2	3	4

Fuente: Adaptado de Matero Peláez, Cabello Rubio y Herrera Atienza, 2017.

Autoevaluación docente

Esta **lista de control** pretende ser una guía para revisar la actividad docente en la planificación, puesta en marcha y evaluación de la secuencia didáctica. Marca la columna que considere que se ajuste mejor su actuación. También puedes pedir a un compañero/a que te ayude a completarla. Las conclusiones deben servir para realizar ajustes sobre los aspectos más débiles en la siguiente secuencia didáctica.

TABLA 9. Lista de control sobre la actuación docente

PLANIFICACIÓN DE LA SECUENCIA		
1. Los objetivos de aprendizaje están claramente definidos.	Sí	No
2. He planificado la secuencia seleccionando objetivos y contenidos que encajan en los currículos oficiales.	Sí	No
3. El proyecto es el resultado de la integración de objetivos, contenidos y criterios de evaluación de diferentes materias o áreas de conocimiento.	Sí	No
4. La secuencia tiene una tarea final con sentido y es adecuada a los objetivos, los contenidos y los criterios de evaluación.	Sí	No
5. He conseguido mantener una relación entre las actividades a desarrollar en la secuencia y el desarrollo de las competencias claves de los estudiantes.	Sí	No
6. He tenido en cuenta la diversidad del alumnado en cuanto a capacidades, distintos niveles cognitivos, ritmos y estilos de trabajo, habilidades, estilos de aprendizaje...	Sí	No
7. He planificado las tareas para que supongan un reto cognitivo adecuado para cada estudiante.	Sí	No
8. He elaborado y compartido con el alumnado indicadores de logro de la secuencia.	Sí	No
ANÁLISIS DEL DESARROLLO DE LA SECUENCIA		
9. He intentado vincular los nuevos conocimientos a experiencias previas de los estudiantes y a su propio contexto vital.	Sí	No
10. He establecido relaciones entre sus conocimientos previos y los nuevos conocimientos.	Sí	No
11. He dado a conocer los objetivos de la secuencia.	Sí	No
12. He detallado todos los pasos a seguir y la secuencia temporal es detallada, coherente y factible.	Sí	No
13. He marcado los plazos teniendo en cuenta el tiempo de trabajo disponible.	Sí	No
14. He justificado la adecuación del producto final a la secuencia.	Sí	No

15. En cada sesión, no he acaparado el tiempo para explicaciones magistrales, sino que he realizado modelaje del trabajo del alumnado.	Sí	No
16. He propuesto a los estudiantes problemas de complejidad adecuada a su edad.	Sí	No
17. He pedido a los alumnos que busquen información y valoren su fiabilidad e idoneidad.	Sí	No
18. He facilitado el acceso a diversas fuentes de información.	Sí	No
19. He intentado que las actividades se adapten a contextos y situaciones reales (fuera del aula ordinaria); por ejemplo; realizando entrevistas, reportajes fotográficos, ...	Sí	No
20. He intentado hacer partícipe en alguna actividad de la secuencia a otros miembros de la comunidad escolar y del entorno familiar y social del alumno.	Sí	No
21. He incorporado y utilizado con normalidad las Tecnologías del aprendizaje y la comunicación (TAC) en las tareas propuestas.	Sí	No
22. He dado oportunidades suficientes para que los estudiantes usen diferentes estrategias de aprendizaje (organizadores gráficos, esquemas, resúmenes...).	Sí	No
23. He usado técnicas de andamiaje para ayudar y apoyar a los estudiantes (modelaje, visualización, experimentación, demostraciones, gestualidad...).	Sí	No
24. He utilizado una variedad de técnicas para ayudar a la comprensión de los conceptos (ejemplos, material audiovisual, analogías...).	Sí	No

Fuente: Adaptado de CEDEC, 2014.