

Giftedness from the perspective of neuroimaging and differential pedagogy. Are we talking about the same thing?

Alta capacidad intelectual desde la neuroimagen y la pedagogía diferencial. ¿Hablamos de lo mismo?

María Isabel GÓMEZ-LEÓN, PhD. Lecturer. Universidad Internacional de La Rioja (isabel.gomez@unir.net).

Abstract:

Advances in neuroimaging techniques have significantly enhanced our ability to study differences in cognitive efficiency in children and adolescents. However, these studies have traditionally used intelligence quotient (IQ) as the sole measure of cognitive ability. Talent development experts are increasingly drawing attention to the major limitations of exclusively using this measure to identify the variables associated with giftedness, in terms of the validity of the construct they intend to measure and in respect of the measurement's reliability and stability. The aim of this study is to analyse whether the construct of intelligence on which recent neuroimaging studies are based, the type of instrument used to quantify giftedness and the corresponding neurobiological results

are consistent with the advances made by differential pedagogy in respect of the multi-dimensional construct of intelligence. To this end, a systematic review both of neuroimaging research that seeks to explain the neural correlates of giftedness in children and adolescents, on the one hand, and of research focussing more prominently on the field of giftedness development, on the other, has been carried out. The findings suggest that brain networks and dynamics associated with creativity and motivation may have a bearing on cognitive performance variability. However, as the majority of neuroimaging studies continue to use IQ as the sole measure of intellectual ability, most of the data produced by these studies cannot be generalised for the purpose of determining what differential pedagogy experts refer to as "giftedness".

Revision accepted: 2022-07-13.

This is the English version of an article originally printed in Spanish in issue 283 of the **revista española de pedagogía**. For this reason, the abbreviation EV has been added to the page numbers. Please, cite this article as follows: Gómez-León, M. I. (2022). Alta capacidad intelectual desde la neuroimagen y la pedagogía diferencial. ¿Hablamos de lo mismo? | *Giftedness from the perspective of neuroimaging and differential pedagogy. Are we talking about the same thing?* Revista Española de Pedagogía, 80 (283), 451-473. <https://doi.org/10.22550/REP80-3-2022-02>
<https://revistadepedagogia.org/> ISSN: 0034-9461 (Print), 2174-0909 (Online)

year 80, n. 283, Septiembre-Diciembre 2022, 451-473
revista española de pedagogía



Keywords: giftedness, intelligence, differential pedagogy, neuroimaging, assessment, identification, intelligence quotient.

Resumen:

El avance en las técnicas de neuroimagen ha supuesto una poderosa herramienta para estudiar las diferencias en la eficiencia cognitiva de niños y adolescentes. Sin embargo, tradicionalmente estos estudios han utilizado el cociente intelectual (CI) como única medida de capacidad cognitiva. Cada vez más expertos del desarrollo del talento señalan serias limitaciones en el uso exclusivo de esta medida para identificar las variables que configuran la alta capacidad intelectual (ACI), tanto en cuanto a la validez del constructo que pretende medir como en cuanto a la fiabilidad y estabilidad de la medida. El objetivo de este estudio es analizar si el constructo de inteligencia en el que se basan los estudios de neuroimagen recientes, el tipo de instrumento utilizado para cuantificar la ACI y los resultados neurobiológicos obteni-

dos son coherentes con los avances hallados por la pedagogía diferencial en cuanto al constructo multidimensional de la inteligencia. Para ello, se ha realizado una revisión sistemática tanto de las investigaciones en neuroimagen que intentan explicar los correlatos neuronales de la ACI en niños y adolescentes como de aquellas investigaciones con mayor relevancia en el ámbito del desarrollo de la ACI. Los hallazgos sugieren que las redes y dinámicas cerebrales asociadas a la creatividad y la motivación podrían influir en la variabilidad del rendimiento cognitivo. Sin embargo, la mayoría de los estudios de neuroimagen continúan utilizando el CI como única medida de capacidad intelectual, por lo que la mayoría de los datos obtenidos a través de estos estudios no pueden generalizarse a lo que los expertos en la pedagogía diferencial denominan ACI.

Descriptores: alta capacidad intelectual, inteligencia, pedagogía diferencial, neuroimagen, evaluación, identificación, cociente intelectual.

1. Introduction

The human brain is designed predominantly to improve efficiency, that is, to minimise the effort involved in processing information and maximise the capacity for growth and adaptation. But why do some people appear to have more efficient brains than others? In recent years, this topic has been extensively researched in the fields of education and neuroscience.

The advances made by genome-wide association studies (GWAS) have revolutionised the research conducted into the genes that regulate variation in intellectual capacity. Moreover, data produced by brain imaging (neuroimaging) techniques have transformed our understanding of the neural correlates of these differences. It has been shown that genetics have no direct bearing on variations in intelligence. Genetics shape phenotypes which in turn affect intelligence

(Goriounova & Mansvelder, 2019). Consequently, neuroimaging techniques have become indispensable to our understanding of the effects of evolution (phylogeny) and development (ontogeny) on learning and intellectual capacity during the life cycle.

In light of recent advances in neuroimaging techniques, paving the way for higher resolution, and of the particular emphasis placed on paediatric populations, short- and long-range structural and functional connections have been established with a view to understanding typical and atypical brain maturation. These studies have shown that neural efficiency is linked to certain quantitative and qualitative characteristics of the neural network, such as a greater density of grey and white matter, an advanced maturation rate, an extended myelination period, greater structural and functional interconnectivity and a greater degree of inter-hemispheric activation (Gómez-León, 2020d; Goriounova & Mansvelder, 2019). These characteristics have been linked to differences in intellectual functioning, such as increased processing speed, reduced energy consumption, greater executive efficiency, and a proficiency in analogical, abstract and creative thinking (Gómez-León, 2019, 2020c; Sastre-Riba & Ortiz, 2018). One conclusion consistently drawn from network neuroscience theory is that functional and structural brain networks with higher global efficiency are associated with higher scores in general intelligence assessments both in children and adults (Barbey, 2018).

This research has traditionally focussed on psychometric intelligence quotient (IQ)

tests to measure intelligence, whether they involve a single-factor model such as Raven's test, or a multi-factor model such as the Wechsler Scales (Barbey, 2018; Sastre-Riba & Castelló, 2017). IQ tests measure convergent thinking based on the selection of a single correct answer, unlike tasks designed to assess divergent thinking in which the child is able to provide a solution to a problem via a free-flowing, intuitive or creative approach.

There is quite a broad consensus that intelligence represents not one, but a group of abilities and skills upon which one draws to think rationally, plan, understand complex ideas, learn quickly, solve problems effectively and adapt to the environment (Castelló, 2008; Sternberg, 2012). The capacity to create and innovate is one of the key skills that human beings need to adapt, thrive in rapidly changing environments, undertake complex tasks and make high-quality decisions. Gifted children and adolescents not only perceive complex relationships, form concepts more quickly and store data more efficiently, but they also fare better in solving problems they have not previously encountered and manipulate information more creatively (Gómez-León, 2020b). They exhibit creative aspects of intelligence as well as a greater capacity for fluid reasoning, working memory and mental imagery (Gómez-León, 2020b; Jiménez et al., 2008). That is why talent development experts point out that giftedness is not merely a cognitive phenomenon that can be measured by conventional tools such as IQ tests. They take the view that it also requires the integration of different cognitive and emotional resources which promote learning at an earlier age, differ-

ent kinds of reasoning and the generation of useful and original ideas (Pfeiffer, 2020; Renzulli, 2021).

Some authors make the distinction between academic abilities related to IQ and productive/creative skills related to inductive reasoning and creative problem-solving (Renzulli, 2021). The predominance of some over others may result in different gifted profiles with distinctive cognitive and behavioural characteristics. While there is no single intellectual profile that is able to define individuals with a greater capacity to adapt successfully to the environment, as a profile increases in complexity, i.e., it presents both convergent and divergent characteristics, the response that a subject is able to deliver to a problem is more effective (Sastre-Riba & Ortiz, 2018). Efficiency in this respect depends both on the amount of stored information and on the number of available intellectual resources and the capacity to manage them (Castelló, 2008; Renzulli, 2021).

Some of the most relevant authors from the field of giftedness (Renzulli, 2021; Sastre-Riba & Castelló, 2017; Tourón, 2020) posit that the use of IQ as a sole measure of intelligence means that:

- The corresponding results are only applicable to some of the aptitudes that give rise to intelligent behaviour, but not all and possibly not to the most relevant ones;
- It is not possible to link the results to the differential complexity of the intellectual profiles of giftedness.

- The samples of gifted children and adolescents may be distorted by false positives and false negatives.

The aim of this study is to analyse whether the construct of intelligence on which recent neuroimaging studies are based, the type of instrument used to quantify giftedness and the corresponding neurobiological results are consistent with the advances made by differential pedagogy in respect of the multidimensional construct of intelligence.

To this end, the studies examining the neural correlates of substantial cognitive ability in children and adolescents are comprehensively reviewed. The following particular aspects shall be assessed: 1) the concept of intelligence defended by the authors; 2) the kind of instrument used to measure intellectual capacity, or intelligence; 3) any cut-off point used to determine giftedness; 4) the brain areas under consideration; 5) the results and the potential scope to generalise them among the gifted population.

The validity of the results produced by neuroimaging studies is addressed on the basis of a comparison with arguments proposed by some of the authors of the most up-to-date intelligence models who are broadly supported by research and the scientific community (Gagné, 2015; Pfeiffer, 2020; Renzulli, 2021; Sastre-Riba & Castelló, 2017; Tourón, 2020).

2. Methodology

Neuroimaging studies linking neurobiological variables to the cognitive ability of

subjects were systematically reviewed in accordance with the criteria of the PRISMA statement. To search for these studies, the following terms were entered into the search menus of Pubmed, Scopus, Web of Science and Google Scholar without any language restrictions: gifted* OR talent OR “high ability” OR “high intellectual ability” OR “intelligence” OR “IQ”; AND “neuro*” OR “MRI” OR “brain networks” OR “structural connectivity” OR “functional connectivity” OR “morphometry” OR “DTI” OR “functional magnetic resonance imaging”; AND “development” OR “children” OR “adolescents”. The search identified a total of 688 scientific articles.

For the purpose of applying inclusion and exclusion criteria, database entries were imported into the Rayyan QCRI tool (Ouzzani et al., 2016). Duplicates were deleted and a preliminary analysis was carried out on the basis of the abstract

sections of the articles. Since the aim of this study was to analyse the construct of intelligence used by these authors, any research focussing exclusively on one or more cognitive skills were excluded as they did not address the global cognitive ability or intelligence of the subjects. After also excluding studies that did not meet the inclusion criteria set out in Table 1, a total of 124 articles remained.

A classification system was established on the basis of the Airtable database in order to extract specific information: author and year; size of sample and sex; age range, mean and standard deviation; intelligence test, analysed IQ interval and cut-off point; principal findings; and brain parameter under examination. After reviewing all the articles, those that failed to meet the inclusion criteria were excluded. As a result, the remaining 24 articles were analysed in depth.

TABLE 1. Inclusion and exclusion criteria.

Inclusion criteria	Exclusion criteria
Years of publication: 2010–2021	Year of publication occurring outside of period between 2010-2021
Use of neuroimaging techniques	Review articles and case studies
Samples of children and adolescents	Focussing exclusively on adults
Linking structural and functional characteristics of the brain to global cognitive ability	Linking structural and functional characteristics of the brain to one or more specific cognitive skills (not defined as global cognitive ability)
Assessing scores above population mean or any from the upper portion of the scale	Only analysing scores under the population mean.
The sample does not present any medical or psychological condition that may affect the development of the nervous system.	The selected samples present a medical or psychological condition that may affect the development of the nervous system.

Source: Own elaboration.

A subsequent search was performed to identify the most relevant authors from the field of giftedness development. The Dialnet and Eric databases were added for this purpose. The terms used in this search were “gifted*” OR “talent” OR “high ability” OR “high intellectual capacity”; AND “identification” OR “Diagnosis” OR “development”. It included articles published within the past 4 years of the systematic review that meet the eligibility criteria of this research. After the articles were comprehensively reviewed, indirect searches were carried out to identify the most widely cited authors or those whose data are deemed to be relevant or original for the study.

3. Results

The characteristics of the sample (number, sex and age) are specified for the purpose of determining the cognitive construct to which the neural correlates found in the selected studies refer. Moreover, the type of instrument used to measure intellectual ability and the point at which the term “Giftedness” begins to apply are also established.

Magnetic resonance imaging makes it possible to study the neural correlates of cognitive ability via different imaging methods. The corresponding data have been arranged according to the method adopted by the author: structural resonance imaging (Table 2); diffusion tensor imaging (Table 3); and functional MRI and properties of the neural network via graph-theoretic approaches (Table 4).

One of the principal assumptions which sought to link brain characteristics to cognitive ability was that brain volume may be associated with intelligence. It is now feasible to examine the relationship between the morphology of various types of brain tissue and anatomic regions, on the one hand, and cognitive ability, on the other (Table 2).

White matter consists of myelinated axons which transfer information from one region of the brain to another. It makes up around half of the human brain and plays an essential role as primary conductor of nerve signals and also regulates cognitive function. Diffusion tensor imaging has made it possible to measure the properties of the micro-structure of the brain’s white matter tracts, such as fractional anisotropy (FA).

The networks analysis describes the brain as a set of nodes, or regions of the brain, that are linked via white matter connections (Barbey, 2018). The brain’s functional connectivity data, obtained during rest or task conditions, have been used to assess the functional efficiency of the brain network in relation to cognitive ability (Table 4).

While numerous big data studies have been produced in the past decade around the world to assess the function and structure of the developing human brain on the basis of magnetic resonance imaging, they have not been included because the reviewed samples failed to meet one or more of the inclusion criteria of this study.

TABLE 2. Studies examining relationships between brain morphometry and cognitive ability during development.

First author Year of publication	Sample number (N) Sex: Male (M); Female (F)	Age range, and Mean ± SD	Intelligence test IQ interval Cut-off point	Main results	Brain parameter
Burgaleta et al. (2014a)	N= 188 (78 H, 110 M)	6 - 20 11.59 years ± 3.46	WASI C.I: 99.1 -125.34	Links between changes in IQ measurements and changes in cortical thickness, predominantly in left frontal regions.	Cortical surface area, cortical thickness
Fjell et al. (2015)	N= 204 (98 H, 106 M)	8-20 14.8 ± 3.6	WASI C.I: 98.3-119.7	The heterogeneous expansion of the cortical surface area correlates positively with intellectual capacities.	Cortical surface area
Karama et al. (2011)	N= 207 (92 H, 115 M)	6-18.3 11.8 ± 3.5	WASI, WJPEB-III C.I: 99-123	Cortical thickness correlates with specific cognitive performance after taking into account the general intelligence factor.	Cortical thickness
Khundrakpam et al. (2017)	N= 586 (141 H, 165 M)	6-18	WASI Low IQ: 92-108 High IQ: 113-129	The High IQ group has a thicker cortex, not least in the occipital, temporary and limbic cortex.	Cortical thickness
Lange et al. (2010)	N= 285 (130 H, 155 M)	4.10 ± 18.4 10.9 ± 0.21	WASI GCA < 6 años C.I: 74-144	Positive correlation between volumes of temporal grey matter, temporal white matter and frontal white matter, on the one hand, and IQ, on the other.	Total and regional brain volume
MacDonald et al. (2014)	N= 303 (142 H, 161 M)	6-18,3 11.4 ± 3.5	WASI C.I: 98.7-123.4	Positive correlation between intelligence and striatal volume.	Striatal volume

Margolis et al. (2013)	N = 76 (39 H, 37M)	5-18 10.5 ± 0.5	WASI, WISC-III C.I:80-150	Correlation between cortical thickness in the anterior and posterior regions and the verbal and performance IQ discrepancy.	Cortical thickness
Menary et al. (2013)	N = 181 (81 H, 100 M)	9-24 16.31 ± 3.99	WASI C.I:80-148	Links between cortical thickness and general intelligence in children, adolescents and young adults.	Cortical thickness
Navas-Sánchez et al. (2016)	Mathematically gifted: N = 13 (8 M, 5 F) Control: N = 17 (11 M, 6 F)	Mathematically gifted: 12-14 Control: 11-15 years	WISC Gifted: IQ:112-149 Control: IQ:112-137 Selection criterion: Mathematically gifted group: ESTALMAT	Mathematically gifted adolescents have a thinner cortex and a larger surface area in key regions of frontoparietal networks and on a pre-terminated basis.	Cortical thickness and surface area
Schnack et al. (2015)	N = 504 (282 H, 222 M)	9-60	WAIS III, WISC-III C.I:80-140	The relationship between cortical thickness and cortical surface area, on the one hand, and intelligence during development, on the other.	Cortical thickness, cortical surface area
Westerhausen et al. (2017)	N = 495 (245 H, 250 M)	6,4-21.9	WASI	Positive correlation between corpus callosum morphology and intelligence.	Corpus callosum

WAIS: Wechsler Adult Intelligence Scale; WASI: Wechsler Abbreviated Scale of Intelligence; WISC: Wechsler Intelligence Scale for Children; WJPEB-III: Psycho-Educational Battery; GCA: General conceptual ability of the differential ability scale; ESTALMAT: visuospatial thinking, intuition, creativity, abstraction, manipulation and management of cognitive stimuli.
Source: Own elaboration.

TABLE 3. Studies examining relationships between the properties of the brain's white matter and cognitive ability during development.

First author Year of publication	Sample number (N) Sex: Male (M); Fe- male (F)	Age range, and Mean ± SD	Intelligence test IQ interval Cut-off point	Main results	Brain parameter
Clayden et al. (2012)	N = 59 (25 H, 34 M)	8-16 11.5 ± 2.1	WISC-IV CI:88-137	Structural changes in FA are a predictor of full scale IQ.	The entire brain.
Koevar et al. (2019)	N = 43 (32 H, 11 M)	8-12 9.82 ± 1,06	WISC-IV	High IQ associated with greater integrity and density of white matter in the main intra- and inter-hemispheric fibre bundles and well-balanced network organisation between local and global scales.	The entire brain
Koenis et al. (2018)	N = 330 (158 H, 172M)	9-22.9 13.45 años	WISC-III WASI. III C.I:86.4-117	Genetic correlation between IQ and global and local efficiency increased with age.	The entire brain
Navas-Sánchez et al. (2014)	Mathematically gifted: N= 13 (8 M, 5 F) Control: N = 23 (19 M, 4 F)	Mathematically gifted: 12-14 13.8 ± 0.6 Control: 12-15 years 13.4 ± 0.8	WISC Gifted: IQ:112-149 Control: IQ:112-137 Giftedness selection criterion: ESTALMAT	IQ shows considerable positive correlation with the micro-structure of white matter, predominantly in corpus callosum.	Medial orbitofrontal cortex. Rostral anterior cingulate cortex

Nusbaum et al. (2017)	N = 44 (36 H, 8 M)	6,01 - 20,01 11,59 años ± 3,46	WISC-IV ACI CI: ≥ 130 Control CI: 96.4 - 114	Greater integrity of inter- and intra-hemispherical white matter in gifted children.	The entire brain.
Tames et al. (2011)	N = 168 (81 H, 87 M)	8-12 17.7 ± 6.1	WISC-IV CI:82-141	Negative and positive relationships between cortical thickness and volume of white matter, respectively, and IQ.	64 cortical and sub-cortical regions.
Wang et al. (2012)	N = 16 (8 H, 8 M)	13-18 15,3 ± 1,24 16,26 ± 1.3	WASI CI:106.8-125.46	Considerable positive correlation between FA and full scale IQ.	The entire brain.
Westerhausen et al. (2017)	N = 109 (54 H, 55 M)	8-20 17.7 ± 6.1	WASI CI:96.3-118.5	Changes in white matter during life cycle manifest themselves via a dynamic pattern of neurobiological and environmental interactions.	The entire brain.

WAIS: Wechsler Adult Intelligence Scale; WASI: Wechsler Abbreviated Scale of Intelligence; WISC: Wechsler Intelligence Scale for Children; ESTALMAT: visuospatial thinking, intuition, creativity, abstraction, manipulation and management of cognitive stimuli.
Source: Own elaboration.

TABLE 4. Studies examining relationships between functional connectivity or global and local efficiency of the connectome and cognitive ability during development.

First author Year of publication	Sample number (N) Sex: Male (M); Female (F)	Age range, and Mean ± SD	Intelligence test IQ interval Cut-off point	Main results	Brain parameter
Bathelt et al. (2019)	N = 63 (34 H, 29 M)	7-12	WASI (Fluid reasoning) AWMA	The efficiency of the white matter connectome is closely related to IQ and level of education.	The entire brain.
Kim et al. (2016)	N = 99 (54 H, 45 M)	6-11 7.8 ± 1.22	WISC-IV (Perceptual Reasoning)	Positive association between global and local efficiency and visuospatial motor processing.	The entire brain
Langeslag et al. (2013)	N = 115 (56 H, 59 M)	6-8	Snijders-Oomen Niet-verbal- R Subtest: Mosaics, Categories	Association between non-verbal intelligence and parieto-frontal functional connectivity.	The entire brain
Solé-Casals et al. (2019)	N = 29	12.03 ± 0.54	WISC EFAI CI ACI:148.80±2.93 Control:122.71 ± 3.89	High IQ associated with a more integrated (less segregated) neural network and greater inter-modular communication.	Cortical grey matter
Suprano et al. (2019)	N = 58 (44 H, 14 M)	8-12 10.1 ± 1.2	WISC-IV CI ACI 130	Greater efficiency and neural transmission in the giftedness group.	The entire brain

WAIS: Wechsler Adult Intelligence Scale; WASI: Wechsler Abbreviated Scale of Intelligence; WISC: Wechsler Intelligence Scale for Children; AWMA: Working memory assessment: digit recall task, backwards digit recall test, dot matrix and Mister X task; EFAI: Factorial Evaluation of Intellectual Abilities.
Source: Own elaboration.

4. Discussion

4.1. Sample analysis

Despite advances in the exploration methods by which initial stages of brain development are studied, these methods have rarely been applied to developing populations, especially during early childhood at an age when substantial cognitive changes take place. The samples of all the studies under analysis exceed the ages of 4 years and 10 months. The drawback of working with younger subjects predominantly concerns the anxiety that these children will feel as they undergo the MRI, which may make them less cooperative. Moreover, the limited attention span and low accuracy in respect of task performance, coupled with excessive head movement, may potentially undermine the quality of the data and ultimately hinder effective interpretation.

Research shows that, from the age of 4, exposure to favourable or unfavourable environments, or a focus on some domains at the expense of others, has the greatest influence on cognitive and creative development (Gómez-León, 2020c). That is why there is a growing consensus that skills associated with gifted individuals start, peak and end their trajectories at different stages depending on the particular domain in which they develop (e.g., mathematics, creative writing, etc.) (Pfeiffer, 2020). However, the study produced by Navas-Sánchez et al. (2014) is the only research to consider the particular domain in which skills are developed.

On the other hand, according to the study carried out by Schnack et al. (2015),

the results corroborate and complement other longitudinal research studies which show that the pattern of cortical maturation in children with high IQ scores is atypical. For instance, the cortical development of children with a high IQ accelerates between the ages of 11 and 12.5 and slows down between the ages of 12.5 and 14. On the other hand, the cortex of children with an average IQ develops slowly between the ages of 11 and 12.5 and speeds up between the ages of 12.5 and 14 (Gómez-León, 2020d). This piece of data is particularly important when cross-sectional samples are studied, as measurements only provide a general insight into changes expected during development. However, of all the studies consulted, not one takes into consideration the differences in the pattern of maturation of the samples.

4.2. Construct of intelligence

Save for the study produced by Navas-Sánchez et al. (2014), all research studies adopt a monolithic approach to measure intelligence via IQ tests. These scales are based on Spearman's factor model whereby performance in mental capacity assessments jointly reflects a specific factor, *s*, which is unique to every test, and a general factor, *g*, which is common to all tests. In terms of general skill level, individuals who fare well in one domain also tend to perform well in others, which is referred to as positive variety. The authors of the studies under review justify the validity and relevance of this instrument as the sole measure of intelligence, by contending that scores: are highly correlated and generate a strong

general factor that underlies different abilities; are stable over time; are characterised by high heritability; and predict major life outcomes (Goriounova & Mansvelder, 2019).

However, some authors have analysed whether differences in average IQ between groups with different academic levels can be attributed to *g*, based on the finding that there is no significant association between the scientific construct of general intelligence (*g*) and the differences in intelligence in general (IQ) assessed under WAIS-III (Wechsler Adult Intelligence Scale) (Colom et al., 2002).

On the other hand, scientific evidence has shown that cognitive ability is subject to highly dynamic processes governed by neuronal activity. The structure and functionality of the regions of the brain associated with IQ change during childhood and adulthood and are shaped by learning, hormonal differences, experience and age (Gómez-León, 2020c; Goriounova & Mansvelder, 2019), which is why IQ scores may also change significantly during the life cycle. The Study of Normal Brain Development (NIH) revealed that the scores recorded by 25% of participants between the ages of 6 and 18 in tests-retests taken at an interval of 2 years were marked by differences of 9 points or more (almost 2/3 standard deviation) (Waber et al., 2012). Moreover, the number of hours devoted to practice is a predictor of the level of success achieved in various domains (Pfeiffer, 2020)

In respect of heritability, genome-wide association studies show that intelligence

is a highly polygenic trait where genetic variants can only predict between 20% and 21% of IQ variance, less than half of heritability estimates in studies of twins (> 50%), and 0.022% of variance when it is associated with academic achievements as a phenotype of intelligence (Goriounova & Mansvelder, 2019). Consequently, genetic effects on cognitive ability do not materialise independently of environmental factors, but are revealed via transcriptional regulation by signals promoted by experience. As such, some data show that socio-economic status modifies the heritability of IQ in young children (Turkheimer et al., 2003) and that the education of parents has a strong bearing on the IQ of children, without being affected by total or regional brain volumes (Lange et al., 2010).

Moreover, there is growing body of evidence to suggest that IQ scores are not an effective predictor of academic achievements and success in life (Sastre-Riba & Castelló, 2017). In Spain, statistics show that 70% of gifted pupils underachieve at school and between 35-50% fail (Nolla et al., 2017). On the labour market, employees who have achieved a satisfactory academic level do not always reach a professional status that reflects their IQ (Sugiarti et al., 2018). Some authors have taken the view that the selection of individuals based on their high IQ gives them access to a greater number of resources, which facilitates the development of intellectual capacities and enables them to perform better at work (Byington & Felps, 2010), this would be an alternative explanation to the prevailing statement

that professional performance is facilitated by IQ in and of itself. More recently, according to the data of the Adolescent Brain Cognitive Development (ABCD), one of the leading neuroimaging studies involving adolescents shows that socio-economic status has a bearing on cognitive development (Sripada et al., 2021), and not necessarily the inverse.

Current talent development models are distancing themselves from this reductionist, static and immutable vision of intelligence and now consider it to be a dynamic, ecological, transactional and developmental status (Renzulli, 2021; Tourón, 2020). From this perspective, every development stage is affected by variables such as available resources, opportunities presented and exploited, social and emotional support system, personal choices, certain personality traits, unforeseen events and even good fortune. This set of variables is thought to determine the score of IQ tests and, ultimately, life success (Pfeiffer, 2020).

4.3. Measurement instrument

All the research papers examined under this study have used different Wechsler scales, save for the research of Langeslag et al. (2013), which was based on the Snijders-Oomen (SON) non-verbal intelligence test. In total, 37% of the research papers have used the Wechsler Intelligence Scale for Children (WISC). This scale is designed to estimate Spearman's *g* factor, according to which a full IQ scale is not regarded as a unitary and interpretable construct unless there is a standard deviation of 1.5 in composite

scores (23 points) (Silverman & Gilman, 2020). While this scale is one of the most commonly used to measure IQ, gifted children tend to achieve average/high scores in abstract reasoning tasks (verbal, visuospatial, and fluid reasoning) and lower scores in working memory and processing speed tasks. Discrepancies between these scores may be so significant that the results are not able to be interpreted. As such, according to the recommendation of the National Association for Gifted Children (NAGC), the General Ability Index should be ascertained by performing 6 Verbal Comprehension and Perceptual Reasoning tests broadly related to the abstract reasoning skill which represents the most effective measure of giftedness.

In total, 54% of the studies under assessment used the abbreviated version of Wechsler WASI (*Wechsler Abbreviated Scale of Intelligence*) with 4 sub-tests (similarities, *vocabulary*, *matrix reasoning*, *block design*). This shortened form has been used to produce a quick and reliable assessment of intellectual ability. WASI is underpinned by a number of sub-tests which assess high-level cognitive skills such as verbal comprehension and perceptual reasoning. While these tests have proven to be broadly efficient in the field of giftedness (Aubry & Bourdin, 2018), the position statement of WISC IV and V of NAGC advises that some variables may reduce IQ scores in this population. One of which is the estimated administration time for every test. By and large, these children are more contemplative than their normo-

typical peers and are not particularly quick to complete timed and randomised paper and pencil tasks. They tend to achieve higher scores in non-timed sub-tests involving abstract reasoning than in timed reasoning sub-tests. Moreover, examiners have reported numerous additional correct answers in some sub-tests if the test continues to be administered until its conclusion, despite the child reaching the interruption criterion of three consecutive failures. That is why the removal of suspension criteria may accelerate test administration. However, it penalises gifted children and may underestimate their abilities (Silverman & Gilman, 2020). There is no indication that any of the examined studies took these recommendations into account, which may affect the quality of the measurement.

It has been shown that differences in measurement quality have a moderating effect on the correlation between brain volume and intelligence and functional connectivity and intelligence under rest conditions. In a bid to ascertain this quality, Gignac & Bates (2017) have presented an essential guide which lists the number of tests, their cognitive dimensions, testing time and correlation with *g* on a 4-point quality scale: 1: “poor”; 2: “fair”; 3: “good”; and 4: “excellent”. In accordance with these criteria, 42% of the 23 articles that were reviewed would be categorised as “good” (Bathelt et al., 2019; Clayden et al., 2012; Kim et al., 2016; Kocevar et al., 2019; Langeslag et al., 2013; Navas-Sánchez et al., 2014; Nusbaum et al., 2017; Solé-Casals et

al., 2019; Tamnes et al., 2011; Suprano et al., 2019) while the remaining 58% would classify as “fair”.

4.4. Cut-off point between giftedness and normotypical IQ

While 79% of the selected studies correlate neurobiological measures with IQ, they do not produce a statistical comparison between gifted and non-gifted groups. It may be a misinterpretation to consider that both study types should inevitably converge towards the same results, as it may be that the group with a high IQ is not simply found at one end of the continuum of general intelligence and corresponding brain properties, but may present qualitatively different structural and functional characteristics (Navas-Sánchez et al., 2014). Moreover, only three of the five studies that make inter-group comparisons (Nusbaum et al., 2017; Solé-Casals et al., 2019; Suprano et al., 2019) follow the recommendations of the APA (American Psychological Association) (American Educational Research Association, American Psychological Association, National Council on Measurement and Education, 2014) predicated on a cut-off point of 2 standard deviations above the mean (IQ of 130 in Wechsler) to identify gifted and non-gifted children. The cut-off points established in the remaining two studies (Khundrakpam et al., 2017; Navas-Sánchez, 2014) are close to the population mean, despite research indicating that as the intellectual profile distances itself from the normotypical scores, the differential characteristics of cognitive functioning are quantitatively

and qualitatively greater (Sastre-Riba & Ortiz, 2018).

4.5. Regions of brain under study and IQ-related neurobiological findings

The findings of the morphometric research under review show that brain volume, volumes of grey and white matter, the volume of some sub-cortical structures, such as the striatum, and the thickness and surface area of some cortical regions have positive correlations with IQ. However, 72% of the research papers predominantly focus on the anatomical characteristics of the cerebral cortex, related to logico-deductive reasoning, whereas only 28% examine sub-cortical structures related to creativity and motivation, despite the extensive evidence that they are linked to higher order cognition (Gómez-León, 2020a; 2020b).

White matter plays a key role during the development of cognitive functions. Indeed, as distant regions of the brain become more efficiently interconnected, so the capacity to transfer and analyse information also increases in efficiency, thereby contributing significantly to processing speed and cognitive development. In respect of the research papers that have assessed the integrity of white matter in the brain, 87% have examined both cortical and sub-cortical regions and detected positive correlation with IQ. While this greater number of inter- and intra-hemispherical connections has also been frequently associated with creative thinking (Gómez-León, 2020b), none of the reviewed research papers

has assessed whether or not, or the extent to which, these results are due to the overlapping effects of complex profiles where convergent and divergent processes interact.

Studies that refer to the relationship between the functional connectivity of neuronal connections and cognitive ability show positive correlation between the local and global efficiency of the network and the logico-deductive skills measured by IQ. It is thought that cognitive ability depends on the contributions of different regions of the brain which work together as an integrated network and interact to produce variations in the system at every stage of development. When gifted groups are compared to different profiles on the Wechsler scale, from a heterogeneous (score >130 in verbal comprehension or perceptual reasoning) and homogeneous perspective (score >130 on both scales), greater structural and functional connectivity is detected in the homogeneous group (Nusbaum et al., 2017; Suprano et al., 2019). Furthermore, recent neurocognitive research has shown that the integration of the neural network, its dynamic interaction, and the capacity to reach complex network statuses which facilitate adaptive problem-solving is greater in processes related to creativity than in those related to intelligence (Kenett et al., 2018). However, the study produced by Navas-Sánchez et al. (2014) is the only one to have used open-response tasks which enable the relationship between network integration and interaction, on the one hand, and creativity, on the other, to be studied in complex gifted profiles.

4.6. Generalisation of results produced by neuroimaging techniques among gifted profiles

The reduction of the intelligence construct to a single dimension may complicate the task of identifying a suitable instrument with which to measure it. Binet, as author of the first IQ tests, was aware of the limitations of their scale and had to disregard creativity tasks because he was unable to identify a rigorous method by which to assess them, which conditioned the instrument that he subsequently used to measure intelligence (Sternberg & O'Hara, 2005).

Wechsler, the author of the tests used by 96% of reviewed studies, admits that intelligence, as he perceives it, cannot be measured by any test, or at least, not entirely and, in any event, not directly, "our intelligence tests measure effectively only a portion of and not all of the capacities entering into intelligent behaviour" (Wechsler, 1943, p. 101). This author suggests that intelligence tests, as a measure of intellectual ability, only explain between 50% and 70% of intelligent behaviour, while the rest is dependent upon non-intellective factors. Moreover, if there is a contradiction between psychometric and qualitative data, he advises that the latter should prevail over the former (Wechsler, 1943).

While most differential pedagogy authors agree that basing the concept of intelligence exclusively on the scores of IQ tests overlooks many important aspects of mental capacity (Pfeiffer, 2020), all the studies under review have asso-

ciated intelligence with logico-deductive reasoning and academic ability measured by IQ. This kind of test is related to memorisation and reproductive learning processes. However, it does not assess the capacity to adapt to unfamiliar situations or solve new and complex problems, which requires skills related to creativity and divergent thinking (Sternberg & O'Hara, 2005).

High levels of creativity are associated with a higher-than-average IQ score. Furthermore, the greater the demand for creative potential, the higher the necessary minimum IQ thresholds (Jiménez et al., 2008). Scientific evidence has repeatedly shown that gifted children and adolescents not only have a higher IQ and better executive functioning, but also an extraordinary level of creativity and a higher level of motivation for the task at hand (Gómez-León, 2020a; 2020b; Jiménez et al., 2008; Pfeiffer, 2020; Renzulli, 2021; Sastre-Riba & Ortiz, 2018). That is why 92% of the authors of the most commonly used in giftedness assessments, including Renzulli, Pfeiffer, Reynolds (RIAS), Kaufman, Elliot (BAS3), Raven, and the Wechsler authors, agree that the use of a single dimension to identify giftedness provides a limited sample of the ability profile of a child or adolescent, which means that their ability or potential may be over or under-estimated. Notwithstanding the foregoing, the only research paper to consider this aspect is the study produced by Navas-Sánchez et al. (2014). By way of tasks that can be classified as cognitive, motivational and creative, these authors have discovered that gifted children (high IQ and high level of creativity),

as opposed to children who only exhibit a high IQ, not only used more efficient and innovative strategies to solve new and complex problems, but were also characterised by a different brain structure:

- Greater intra-hemispheric connectivity in some regions of the corpus callosum related to fluid reasoning, executive functioning and working memory.
- Greater connectivity in frontoparietal networks and frontostriatal circuits involved in creative thinking, analogy processing and motivation.
- Greater surface area on the bilateral visual cortex related to the processing of enriched mental imagery related to visuospatial working memory.

According to these authors, a high IQ could improve information processing capacity between hemispheres, but giftedness, i.e., a high IQ along with a high level of creativity and motivation, may pave the way for greater participation in increasingly difficult and unfamiliar situations, which would equate to an adaptive advantage, since it would increase the pace of learning, cognitive flexibility and the adaptation of the whole system to constant changes in the environment and the system itself.

5. Conclusion

Individual differences affect the ability to learn, adapt to changes in the environ-

ment and solve new and complex problems. The latest neuroimaging studies have represented an unprecedented advance in the development of instruments that enable the neural correlates of these differences to be examined. However, these advances are in contrast with the instrument used to measure intelligence. An instrument based on the traditional and reductionist concept developed in the early 20th century, in which intelligence is deemed to be synonymous with IQ.

Differential pedagogy specialists take the view that giftedness represents a multidimensional neurobiological configuration that may or may not be linked to the scores obtained in IQ tests. This discipline considers giftedness to be underpinned by logico-deductive and creative components that must be measured for the purpose of identifying giftedness. However, neuroimaging studies that examine how these components interact in the development of gifted children are few and far between. One of the main reasons may be that the relevant systems and processes have been researched separately and independently of each other.

Only one of the reviewed studies has taken into consideration the intellectual profile of participants, based on convergent and divergent tasks, and reaches the conclusion that a high IQ and giftedness (high IQ and high level of creativity) are two different constructs. Gifted children have more efficient brains with densely interconnected regions which facilitate mutual interaction between various cognitive processes. This, in turn, paves the way

for the children to propose more effective solutions adapted to the specific domain in which they are active.

These results suggest that most of the data currently extracted from neuroimaging studies cannot be generalised within the gifted population. It is evident that a genuine inter-disciplinary study is needed to establish a consensus as to the validity and reliability of the construct that is to be measured, and of the instruments used to this end.

In order to adopt suitable educational programmes, it is essential to ascertain, both from a biological and a cognitive perspective, the various skills and processes by which giftedness is able to develop. If the development of skills in the 21st century “consists of applying relevant knowledge, research skills, creative and critical thinking skills, and interpersonal skills to the solution of real problems” (Renzulli, 2021, p. 25), it is suggested that the study of neural correlates of intelligence should focus on these skills.

References

- American Educational Research Association, American Psychological Association y National Council on Measurement and Education (2014). *Standards for educational and psychological testing*. American Educational Research Association.
- Aubry, A., & Bourdin, B. (2018). Short forms of Wechsler scales assessing the intellectually gifted children using simulation data. *Frontiers in psychology*, 9, 830. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00830>
- Barbey, A. K. (2018). Network Neuroscience Theory of human intelligence. *Trends in cognitive sciences*, 22 (1), 8-20. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2017.10.001>
- Bathelt, J., Johnson, A., Zhang, M., & Astle, D. E. (2019). The cingulum as marker of individual differences in neurocognitive development. *Scientific Reports*, 9 (1), 2281. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-38894-z>
- Burgaleta, M., Johnson, W., Waber, D. P., Colom, R., & Karama, S. (2014a). Cognitive ability changes and dynamics of cortical thickness development in healthy children and adolescents. *NeuroImage*, 84, 810-819. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.09.038>
- Byington E., & Felps W. (2010). Why do IQ scores predict job performance? An alternative, sociological explanation. *Research in Organizational Behavior*, 30 (C), 175-202. <https://doi.org/10.1016/j.riob.2010.08.003>
- Castelló, T. A. (2008). Bases intelectuales de la excepcionalidad, un esquema integrador [Intellectual foundations of exceptionality, an integrative framework]. *revista española de pedagogía*, 240, 203-220.
- Clayden, J. D., Jentschke, S., Muñoz, M., Cooper, J. M., Chadwick, M. J., Banks, T., Clark, C. A., & Vargha-Khadem, F. (2012). Normative development of white matter tracts: similarities and differences in relation to age, gender, and intelligence. *Cerebral cortex*, 22 (8), 1738-1747. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhr243>
- Colom R., Abad F. J., García L. F., & Juan-Espinoso, M. (2002). Educación, coeficiente intelectual de escala completa de Wechsler y g [Education, Wechsler's Full Scale IQ, and g]. *Intelligence*, 30 (5), 449-462. [https://doi.org/10.1016/S0160-2896\(02\)00122-8](https://doi.org/10.1016/S0160-2896(02)00122-8)
- Fjell, A. M., Westlye, L. T., Amlien, I., Tamnes, C. K., Grydeland, H., Engvig, A., Espeseth, T., Reinvang, I., Lundervold, A. J., Lundervold, A., & Walhovd, K. B. (2015). High-expanding cortical regions in human development and evolution are related to higher intellectual abilities. *Cerebral Cortex*, 25 (1), 26-34. <https://doi.org/10.1093/cercor/bht201>
- Gagné, F. (2015). From genes to talent: the DMGT/CMTD perspective. *Revista de Educación*, 368, 12-37. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2015-368-289>
- Gignac, G. E., & Bates T. C. (2017). Brain volume and intelligence: The moderating role of intelligence measurement quality. *Intelligence*, 64, 18-29. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2017.06.004>

- Gómez-León, M. I. (2019). Psicobiología de las altas capacidades. Una revisión actualizada [Psychobiology of giftedness. An updated review]. *Psiquiatría biológica*, 26 (3), 105-112. <https://doi.org/10.1016/j.psiq.2019.09.001>
- Gómez-León, M. I. (2020a). La psicobiología de la motivación en el desarrollo de las altas capacidades intelectuales. Revisión bibliográfica [Psychobiology of motivation in the development of giftedness. Bibliographical review]. *Psiquiatría biológica*, 27 (2), 47-53. <https://doi.org/10.1016/j.psiq.2020.01.003>
- Gómez-León, M. I. (2020b). Bases psicobiológicas de la creatividad en los niños con altas capacidades [Psychobiological bases of creativity in gifted children]. *Psiquiatría biológica*, 27 (1), 28-33. <https://doi.org/10.1016/j.psiq.2020.01.004>
- Gómez-León, M. I. (2020c). Desarrollo de la alta capacidad durante la infancia temprana [High capacity development in early childhood]. *Papeles del Psicólogo*, 41 (2), 147-158. <https://doi.org/10.23923/pap.psicol2020.2930>
- Gómez-León, M. I. (2020d). Psicobiología de la alta capacidad intelectual y el trastorno por déficit de atención con hiperactividad. Diagnóstico diferencial [Psychobiology of giftedness and attention deficit hyperactivity disorder. Differential diagnosis]. *Psiquiatría biológica*, 27 (3), 96-104. <https://doi.org/10.1016/j.psiq.2020.06.003>
- Goriounova, N. A., & Mansvelder, H. D. (2019). Genes, cells and brain areas of intelligence [Genes, células y áreas cerebrales de la inteligencia]. *Frontiers in human neuroscience*, 13, 44. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00044>
- Jiménez, J. E., Artiles, C., Rodríguez, C., García, E., Camacho, J., & Moraes, J. (2008). Creatividad e inteligencia: ¿dos hermanas gemelas inseparables? [Creativity and intelligence: inseparable twin sisters?] *revista española de pedagogía*, 240, 261-282.
- Karama, S., Colom, R., Johnson, W., Deary, I. J., Haier, R., Waber, D. P., Lepage, C., Ganjavi, H., Jung, R., Evans, A. C., & Brain Development Cooperative Group (2011). Cortical thickness correlates of specific cognitive performance accounted for by the general factor of intelligence in healthy children aged 6 to 18. *NeuroImage*, 55 (4), 1443-1453. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.01.016>
- Kenett, Y. N., Medaglia, J. D., Beaty, R. E., Chen, Q., Betzel, R. F., Thompson-Schill, S. L., & Qiu, J. (2018). Driving the brain towards creativity and intelligence: A network control theory analysis. *Neuropsychologia*, 118 (Pt A), 79-90. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.01.001>
- Khundrakpam, B. S., Lewis, J. D., Reid, A., Karama, S., Zhao, L., Chouinard-Decorte, F., Evans, A. C., & Brain Development Cooperative Group (2017). Imaging structural covariance in the development of intelligence. *NeuroImage*, 144, 227-240. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.08.041>
- Kim, D. J., Davis, E. P., Sandman, C. A., Sporns, O., O'Donnell, B. F., Buss, C., & Hettrick, W. P. (2016). Children's intellectual ability is associated with structural network integrity. *NeuroImage*, 124, 550-556. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.09.012>
- Kocevar, G., Suprano, I., Stamile, C., Hannoun, S., Fournier, P., Revol, O., Nusbaum, F., & Sappey-Marini, D. (2019). Brain structural connectivity correlates with fluid intelligence in children: A DTI graph analysis. *Intelligence*, 72, 67-75. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2018.12.003>
- Koenis, M., Brouwer, R. M., Swagerman, S. C., van Soelen, I., Boomsma, D. I., & Hulshoff Pol, H. E. (2018). Association between structural brain network efficiency and intelligence increases during adolescence. *Human brain mapping*, 39 (2), 822-836. <https://doi.org/10.1002/hbm.23885>
- Lange, N., Froimowitz, M. P., Bigler, E. D., Lainhart, J. E., & Brain Development Cooperative Group (2010). Associations between IQ, total and regional brain volumes, and demography in a large normative sample of healthy children and adolescents. *Developmental neuropsychology*, 35 (3), 296-317. <https://doi.org/10.1080/87565641003696833>
- Langeslag, S. J., Schmidt, M., Ghassabian, A., Jadodoe, V. W., Hofman, A., van der Lugt, A., Verhulst, F. C., Tiemeier, H., & White, T. J. (2013). Functional connectivity between parietal and frontal brain regions and intelligence in young children: the Generation R study. *Human brain mapping*, 34 (12), 3299-3307. <https://doi.org/10.1002/hbm.22143>

- MacDonald, P. A., Ganjavi, H., Collins, D. L., Evans, A. C., & Karama, S. (2014). Investigating the relation between striatal volume and IQ. *Brain imaging and behavior*, 8 (1), 52-59. <https://doi.org/10.1007/s11682-013-9242-3>
- Margolis, A., Bansal, R., Hao, X., Algermissen, M., Erickson, C., Klahr, K. W., Naglieri, J. A., & Peterson, B. S. (2013). Using IQ discrepancy scores to examine the neural correlates of specific cognitive abilities. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 33 (35), 14135-14145. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0775-13.2013>
- Menary, K., Collins, P. F., Porter, J. N., Muetzel, R., Olson, E. A., Kumar, V., Steinbach, M., Lim, K. O., & Luciana, M. (2013). Associations between cortical thickness and general intelligence in children, adolescents and young adults. *Intelligence*, 41 (5), 597-606. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2013.07.010>
- Navas-Sánchez, F. J., Alemán-Gómez, Y., Sánchez-Gonzalez, J., Guzmán-De-Villoria, J. A., Franco, C., Robles, O., Arango, C., & Desco, M. (2014). White matter microstructure correlates of mathematical giftedness and intelligence quotient. *Human brain mapping*, 35 (6), 2619-2631. <https://doi.org/10.1002/hbm.22355>
- Nolla, G. C., Pareja, E. M. D., Tudela, J. M. O., & de la Rosa, A. L. (2017). Análisis y valoración de la situación actual del alumnado con altas capacidades en España [Analysis and assessment of the current situation of high ability students in Spain]. *Revista de Educación Inclusiva*, 5 (2), 129-140. <https://revistaeducacioninclusiva.es/index.php/REI/article/view/238/232>
- Nusbaum, F., Hannoun, S., Koccevar, G., Stamile, C., Fournieret, P., Revol, O., & Sappey-Marinier, D. (2017). Hemispheric differences in white matter microstructure between two profiles of children with high intelligence quotient vs. controls: A tract-based spatial statistics study. *Frontiers in neuroscience*, 11, 173. <https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00173>
- Ouzzani, M., Hammady, H., Fedorowicz, Z., & Elmagarmid, A. (2016). Rayyan — a web and mobile app for systematic reviews. *Systematic Reviews*, 5, 210. <https://doi.org/10.1186/s13643-016-0384-4>
- Pfeiffer, S. I. (2020). Giftedness and talent development in children and youth. In P. Ward, J. M. Schraagen, J. Gore y E. M. Roth (Eds.), *The Oxford Handbook of Expertise* (pp. 103-127). Oxford University Press.
- Renzulli, J. S. (2021). El papel del profesor en el desarrollo de habilidades cognitivas complejas en personas jóvenes [The teacher's role in developing higher level thinking skills in young people]. *revista española de pedagogía*, 79 (278), 13-32. <https://doi.org/10.22550/REP79-1-2021-01>
- Sastre-Riba, S., & Castelló, A. (2017). Fiabilidad y estabilidad en el diagnóstico de la alta capacidad intelectual [Reliability and stability in the diagnosis of high intellectual capacity]. *Revista de Neurología*, 64 (1), 51-58. <https://doi.org/10.33588/rn.64S01.2017028>
- Sastre-Riba, S., & Ortiz, T. (2018). Neurofuncionalidad ejecutiva: estudio comparativo en las altas capacidades [Executive neurofunctional-ity: A comparative study in high intellectual abilities]. *Revista de Neurología*, 66 (1), 51-56. <https://doi.org/10.33588/rn.66S01.2018026>
- Schnack, H. G., van Haren, N. E., Brouwer, R. M., Evans, A., Durston, S., Boomsma, D. I., Kahn, R. S., & Hulshoff Pol, H. E. (2015). Changes in thickness and surface area of the human cortex and their relationship with intelligence [Cambios en el grosor y la superficie del córtex humano y su relación con la inteligencia]. *Cerebral cortex*, 25 (6), 1608-1617. <https://doi.org/10.1093/cercor/bht357>
- Silverman, L. K., & Gilman, B. J. (2020). Best practices in gifted identification and assessment: Lessons from the WISC-V. *Psychology in the Schools*, 57 (10), 1569-1581. <https://doi.org/10.1002/pits.22361>
- Solé-Casals, J., Serra-Grabulosa, J. M., Romero-García, R., Vilaseca, G., Adan, A., Vilaró, N., Bargalló, N., & Bullmore, E. T. (2019). Structural brain network of gifted children has a more integrated and versatile topology. *Brain structure & function*, 224 (7), 2373-2383. <https://doi.org/10.1007/s00429-019-01914-9>

- Sripada, C., Angststadt, M., Taxali, A., Clark, D. A., Greathouse, T., Rutherford, S., Dickens, J. R., Shedden, K., Gard, A. M., Hyde, L. W., Weigard, A., & Heitzeg, M. (2021). Brain-wide functional connectivity patterns support general cognitive ability and mediate effects of socioeconomic status in youth. *Translational Psychiatry*, 11 (1), 571. <https://doi.org/10.1038/s41398-021-01704-0>
- Sternberg, R. J. (2012). Intelligence. *Diálogos en neurociencia clínica*, 14 (1), 19-27. <https://doi.org/10.31887/DCNS.2012.14.1/rsternberg>
- Sternberg, R. J., & O'Hara (2005). Creatividad e inteligencia [Creativity and intelligence]. *CIC. Cuadernos de Información y Comunicación*, 10, 113-149. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93501006>
- Sugiarti, R., Suhariadi, F., & Erlangga, E. (2018). The chance of gifted intelligent students' success in career. *Indian Journal of Public Health Research and Development*, 9 (9), 277. <https://doi.org/10.5958/0976-5506.2018.01009.4>
- Suprano, I., Delon-Martin, C., Kocavar, G., Stamile, C., Hannoun, S., Achard, S., Badhwar, A., Fournieret, P., Revol, O., Nusbaum, F., & Sappey-Mariniér, D. (2019). Topological modification of brain networks organization in children with high intelligence quotient: A resting-state fmri study. *Frontiers in Human Neuroscience*, 13, 241. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00241>
- Tamnes, C. K., Fjell, A. M., Østby, Y., Westlye, L. T., Due-Tønnessen, P., Bjørnerud, A., & Walhovd, K. B. (2011). The brain dynamics of intellectual development: waxing and waning white and gray matter. *Neuropsychologia*, 49 (13), 3605-3611. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.09.012>
- Tourón, J. (2020). Las altas capacidades en el sistema educativo español: reflexiones sobre el concepto y la identificación [Gifted education in Spanish education system]. *Revista de Investigación Educativa*, 38 (1), 15-32.
- Turkheimer, E., Haley, A., Waldron, M., D'Onofrio, B., & Gottesman, I. I. (2003). Socioeconomic status modifies heritability of IQ in young children. *Psychological science*, 14 (6), 623-628. https://doi.org/10.1046/j.0956-7976.2003.psci_1475.x
- Waber, D. P., Forbes, P. W., Almli, C. R., Blood, E. A., & Brain Development Cooperative Group (2012). Four-year longitudinal performance of a population-based sample of healthy children on a neuropsychological battery: The NIH MRI study of normal brain development. *Journal of the International Neuropsychological Society: JINS*, 18 (2), 179-190. <https://doi.org/10.1017/S1355617711001536>
- Wang, L., Wee, C. Y., Suk, H. I., Tang, X., & Shen, D. (2015). MRI-based intelligence quotient (IQ) estimation with sparse learning. *PloS one*, 10 (3), e0117295. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0117295>
- Wechsler, D. (1943). Non-intellective factors in general intelligence. *Journal of Abnormal and Social Psychology*, 38, 101-103. <https://doi.org/10.1037/h0060613>
- Westerhausen, R., Friesen, C. M., Rohani, D. A., Krogsrud, S. K., Tamnes, C. K., Skranes, J. S., Håberg, A. K., Fjell, A. M., & Walhovd, K. B. (2018). The corpus callosum as anatomical marker of intelligence? A critical examination in a large-scale developmental study. *Brain structure & function*, 223 (1), 285-296. <https://doi.org/10.1007/s00429-017-1493-0>
- Westlye, L. T., Walhovd, K. B., Dale, A. M., Bjørnerud, A., Due-Tønnessen, P., Engvig, A., Grydeland, H., Tamnes, C. K., Ostby, Y., & Fjell, A. M. (2010). Life-span changes of the human brain white matter: Diffusion tensor imaging (DTI) and volumetry. *Cerebral cortex*, 20 (9), 2055-2068. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhp280>

Author biography

María Isabel Gómez-León is a post-graduate Lecturer of the Master's Degree in Special Education, the Master's Degree in Early Care and Child Development, the Master's Degree in Neuropsychology and Education and the Master's Degree in Neuromarketing at the Universidad Internacional de La Rioja and of the Master's Degree in Educational Processes of Teaching and Learning, the Master's Degree in Attention to Diversity and the

Master's Degree in Advanced Studies in Giftedness and Talent Management; and a graduate professor of the Degree in Early Childhood Education and Primary Education at Universidad Antonio de Nebrija; and a postgraduate Lecturer of the Master's Degree in Advanced Teaching Competences and the Master's De-

gree in Psycho-pedagogical Orientation and Intervention at Universidad Camilo José Cela; and Director and postgraduate professor of the Master's Degree in Early Intervention at Universidad Francisco de Vitoria.



<https://orcid.org/0000-0001-7466-5441>

Table of contents

Sumario

Studies Estudios

Antonio García-Carmona

Understanding epistemic aspects of the nature of science in Spain's new curriculum for compulsory-secondary education since the LOMLOE law

La comprensión de aspectos epistémicos de la naturaleza de la ciencia en el nuevo currículo de Educación Secundaria Obligatoria, tras la LOMLOE 433

María Isabel Gómez-León

Giftedness from the perspective of neuroimaging and differential pedagogy. Are we talking about the same thing?

Alta capacidad intelectual desde la neuroimagen y la pedagogía diferencial. ¿Hablamos de lo mismo? 451

Eduardo Fernández Fernández

Rhetoric and Education: an approach to the Roman school

Retórica y Educación: una aproximación a la escuela romana 475

Notes Notas

Esther López-Martín, Belén Gutiérrez-de-Rozas, Andrea Otero-Mayer, & Eva Expósito-Casas

Qualitative analysis of the professional profile of a good secondary school teacher

Análisis cualitativo del perfil profesional del buen docente de educación secundaria 493

Noelia Salas Román, Margarita Alcaide Risoto, & Carlos Hue García

Improving socio-emotional competencies in pre-school pupils through emotional education

Mejora de las competencias socioemocionales en alumnos de educación infantil a través de la educación emocional 517

Adoración Díaz López, Javier Jerónimo Maquillón Sánchez, & Ana Belén Mirete Ruiz

Validation of the Ud-TIC scale on the problematic use of mobile phones and video games as mediators of social skills and academic performance

Validación de la escala Ud-TIC sobre el uso problemático del móvil y los videojuegos como mediadores de las habilidades sociales y del rendimiento académico 533

Rosalía Jódar Martínez, María del Pilar Martín Chaparro, María Dolores Hidalgo Montesinos, & Juan Pedro Martínez Ramón

Perceived parenting style and quality of life related to health among adolescents

Percepción del estilo parental y calidad de vida relacionada con la salud entre adolescentes 559

María de la Luz Berlanga Ramirez, & Luis Gibrán Juárez Hernández

Construct validity of an instrument to assess assertive feedback in initial teacher training

Validez de constructo de un instrumento para evaluar la retroalimentación asertiva en la formación inicial del profesorado 583

Book reviews

López Rupérez, F. (2021). *La gobernanza de los sistemas educativos. Fundamentos y orientaciones [The governance of educational systems: Foundations and orientations]* (Ismael Sanz Labrador). **Álvarez-Castillo, J. L., & García-Cano, M. (Eds.) (2022).** *Diversidad e inclusión en la Universidad. La vía de la institucionalización*

[Diversity and inclusion in the university: The route of institutionalisation] (Anabel Moriña Díez). 601

Table of contents of the year 2022

Índice del año 2022 609

Instructions for authors

Instrucciones para los autores 617

This is the English version of the research articles and book reviews published originally in the Spanish printed version of issue 283 of the **revista española de pedagogía**. The full Spanish version of this issue can also be found on the journal's website <http://revistadepedagogia.org>.



ISSN: 0034-9461 (Print), 2174-0909 (Online)

<https://revistadepedagogia.org/>

Depósito legal: M. 6.020 - 1958

INDUSTRIA GRÁFICA ANZOS, S.L. Fuenlabrada - Madrid

Alta capacidad intelectual desde la neuroimagen y la pedagogía diferencial. ¿Hablamos de lo mismo?

Giftedness from the perspective of neuroimaging and differential pedagogy. Are we talking about the same thing?

Dra. María Isabel GÓMEZ-LEÓN. Profesora. Universidad Internacional de La Rioja (isabel.gomez@unir.net).

Resumen:

El avance en las técnicas de neuroimagen ha supuesto una poderosa herramienta para estudiar las diferencias en la eficiencia cognitiva de niños y adolescentes. Sin embargo, tradicionalmente estos estudios han utilizado el cociente intelectual (CI) como única medida de capacidad cognitiva. Cada vez más expertos del desarrollo del talento señalan serias limitaciones en el uso exclusivo de esta medida para identificar las variables que configuran la alta capacidad intelectual (ACI), tanto en cuanto a la validez del constructo que pretende medir como en cuanto a la fiabilidad y estabilidad de la medida. El objetivo de este estudio es analizar si el constructo de inteligencia en el que se basan los estudios de neuroimagen recientes, el tipo de instrumento utilizado para cuantificar la ACI y los resultados neurobiológicos obtenidos son

coherentes con los avances hallados por la pedagogía diferencial en cuanto al constructo multidimensional de la inteligencia. Para ello, se ha realizado una revisión sistemática tanto de las investigaciones en neuroimagen que intentan explicar los correlatos neuronales de la ACI en niños y adolescentes como de aquellas investigaciones con mayor relevancia en el ámbito del desarrollo de la ACI. Los hallazgos sugieren que las redes y dinámicas cerebrales asociadas a la creatividad y la motivación podrían influir en la variabilidad del rendimiento cognitivo. Sin embargo, la mayoría de los estudios de neuroimagen continúan utilizando el CI como única medida de capacidad intelectual, por lo que la mayoría de los datos obtenidos a través de estos estudios no pueden generalizarse a lo que los expertos en la pedagogía diferencial denominan ACI.

Fecha de recepción de la versión definitiva de este artículo: 03-07-2022.

Cómo citar este artículo: Gómez-León, M. I. (2022). Alta capacidad intelectual desde la neuroimagen y la pedagogía diferencial. ¿Hablamos de lo mismo? | *Giftedness from the perspective of neuroimaging and differential pedagogy. Are we talking about the same thing?* Revista Española de Pedagogía, 80 (283), 451-473. <https://doi.org/10.22550/REP80-3-2022-02>

<https://revistadepedagogia.org/>

ISSN: 0034-9461 (Impreso), 2174-0909 (Online)

revista española de pedagogía
año 80, n.º 283, septiembre-diciembre 2022, 451-473



Descriptores: alta capacidad intelectual, inteligencia, pedagogía diferencial, neuroimagen, evaluación, identificación, cociente intelectual.

Abstract:

Advances in neuroimaging techniques have significantly enhanced our ability to study differences in cognitive efficiency in children and adolescents. However, these studies have traditionally used intelligence quotient (IQ) as the sole measure of cognitive ability. Talent development experts are increasingly drawing attention to the major limitations of exclusively using this measure to identify the variables associated with giftedness, in terms of the validity of the construct they intend to measure and in respect of the measurement's reliability and stability. The aim of this study is to analyse whether the construct of intelligence on which recent neuroimaging studies are based, the type of instrument used to quantify giftedness and the corresponding neurobiological

results are consistent with the advances made by differential pedagogy in respect of the multidimensional construct of intelligence. To this end, a systematic review both of neuroimaging research that seeks to explain the neural correlates of giftedness in children and adolescents, on the one hand, and of research focussing more prominently on the field of giftedness development, on the other, has been carried out. The findings suggest that brain networks and dynamics associated with creativity and motivation may have a bearing on cognitive performance variability. However, as the majority of neuroimaging studies continue to use IQ as the sole measure of intellectual ability, most of the data produced by these studies cannot be generalised for the purpose of determining what differential pedagogy experts refer to as "giftedness".

Keywords: giftedness, intelligence, differential pedagogy, neuroimaging, assessment, identification, intelligence quotient.

1. Introducción

El cerebro humano está diseñado fundamentalmente para la eficiencia, es decir, para minimizar el costo del procesamiento de la información y maximizar la capacidad de crecimiento y adaptación. Pero ¿por qué los cerebros de algunas personas parecen ser más eficaces que los de otras? Este ha sido uno de los temas de mayor interés durante los últimos años para la educación y la neurociencia.

Los estudios de asociación de todo el genoma (GWAS) han evolucionado hasta

convertirse en una poderosa herramienta para investigar los genes que subyacen a la variación en la capacidad intelectual. Mientras que, por otra parte, los datos obtenidos a través de imágenes cerebrales (neuroimagen) han permitido avanzar en el descubrimiento de los correlatos neuronales de estas diferencias. Se ha observado que la genética no causa directamente variaciones en la inteligencia. La genética influye en los fenotipos, que a su vez influyen en la inteligencia (Goriounova y Mansvelder, 2019). Por esta razón, la neuroimagen se ha convertido en una herramienta

fundamental para comprender los efectos de la evolución (filogenia) y el desarrollo (ontogenia) en el aprendizaje y la capacidad intelectual a lo largo del ciclo vital.

Con los avances recientes en las técnicas de neuroimagen hacia una resolución más alta y con un enfoque específico en las poblaciones pediátricas, se han podido delinear conexiones estructurales y funcionales de corto y de largo alcance para comprender la maduración cerebral típica y atípica. Estos estudios han hallado que la eficiencia neuronal está relacionada con determinadas características, tanto cuantitativas como cualitativas, de la red neuronal, como una mayor densidad de sustancia gris y blanca, un ritmo de maduración precoz, un periodo de mielinización más prolongado, una mayor interconectividad estructural y funcional y un mayor grado de activación interhemisférica (Gómez-León, 2020d; Goriounova y Mansvelder, 2019). Estas características se han asociado a diferencias en el funcionamiento intelectual, como un procesamiento más rápido, un menor gasto energético, una mayor eficiencia ejecutiva, y un alto nivel de pensamiento analógico, abstracto y creativo (Gómez-León, 2019, 2020c; Sastre-Riba y Ortiz, 2018). Un hallazgo constante en la teoría de la neurociencia en red es que las redes cerebrales funcionales y estructurales con mayor eficiencia global se asocian con puntuaciones más altas en las evaluaciones de inteligencia general tanto en niños como en adultos (Barbey, 2018).

Estas investigaciones se han centrado tradicionalmente en las pruebas psico-

métricas de cociente intelectual (CI) para medir la inteligencia, ya sean de factor único como el test de Raven, o multifactoriales, como las escalas de Wechsler (Barbey, 2018; Sastre-Riba y Castelló, 2017). Las pruebas de CI miden el pensamiento convergente a través de la selección de una única respuesta correcta, a diferencia de las tareas que evalúan el pensamiento divergente donde el niño puede resolver un problema mediante respuestas abiertas, intuitivas o creativas.

Existe un acuerdo bastante generalizado en que la inteligencia no es una, sino más bien un conjunto de capacidades y habilidades que permiten razonar, planificar, *comprender ideas complejas*, aprender rápidamente, *resolver problemas de una manera eficiente* y adaptarse al entorno (Castelló, 2008; Sternberg, 2012). Una de las habilidades que permite a los humanos adaptarse, prosperar en entornos rápidamente cambiantes, realizar tareas complejas y tomar decisiones de alta calidad es la capacidad para crear e innovar. Los niños y adolescentes con altas capacidades intelectuales (ACI) no solo perciben relaciones complejas, forman conceptos más rápido y almacenan datos de forma más eficiente, sino que también se desempeñan mejor en la resolución de problemas novedosos y manipulan la información de una manera más creativa (Gómez-León, 2020b). En ellos, los aspectos creativos de la inteligencia van acompañados de una mayor capacidad de razonamiento fluido, memoria de trabajo e imágenes mentales (Gómez-León, 2020b; Jiménez et al., 2008). Por lo que los expertos del desarrollo del talento se-

ñalan que la ACI no es solo un fenómeno cognitivo que pueda ser medido a través de instrumentos tradicionales como los tests de CI, sino que requiere de la integración de diferentes recursos cognitivos y emocionales que son los que posibilitan un aprendizaje más precoz, distintos tipos de razonamiento y la generación de ideas útiles y novedosas (Pfeiffer, 2020; Renzulli, 2021).

Algunos autores distinguen entre las capacidades académicas relacionadas con el CI y las productivo-creativas relacionadas con el razonamiento inductivo y la solución novedosa de los problemas (Renzulli, 2021). El predominio de unas u otras puede dar lugar a diferentes perfiles de ACI con características cognitivas y conductuales diferentes. Aunque no existe un solo perfil intelectual que pueda definir a las personas con una mayor capacidad para adaptarse eficazmente al entorno, a medida que el perfil es más complejo, es decir, presenta tanto características convergentes como divergentes, el sujeto es capaz de atender a las demandas de una manera más eficiente (Sastre-Riba y Ortiz, 2018). Esta eficiencia depende tanto de la cantidad de información almacenada como del número de recursos intelectuales disponibles y de la capacidad para gestionarlos (Castelló, 2008; Renzulli, 2021).

Algunos de los autores más relevantes en el campo de la ACI (Renzulli, 2021; Sastre-Riba y Castelló, 2017; Tourón, 2020) argumentan que utilizar el CI como única medida de inteligencia supone que:

- Los resultados obtenidos solo sean aplicables a algunas de las aptitudes que posibilitan la conducta inteligente, pero no a todas y, posiblemente, no a las más relevantes.
- No sea posible relacionar los resultados con la complejidad diferencial de los perfiles intelectuales de la ACI.
- Las muestras de niños y adolescentes con ACI puedan estar sesgadas tanto con falsos positivos como con falsos negativos.

El objetivo de este estudio es analizar si el constructo de inteligencia en el que se basan los estudios de neuroimagen recientes, el tipo de instrumento utilizado para cuantificar la ACI y los resultados neurobiológicos obtenidos son coherentes con los avances hallados por la pedagogía diferencial en cuanto al constructo multidimensional de la inteligencia.

Para ello, se realiza una revisión exhaustiva de los estudios que informan sobre los correlatos neuronales de una elevada capacidad cognitiva en niños y adolescentes. En concreto, se estudiará: 1) el concepto de inteligencia defendido por los autores; 2) el tipo de instrumento utilizado para medir la capacidad intelectual, o inteligencia; 3) el punto de corte, si lo hubiera, a partir del cual se considera ACI; 4) las áreas cerebrales estudiadas; 5) los resultados hallados y su posible generalización a la población con ACI.

La validez de los resultados obtenidos por los estudios de neuroimagen se dis-

cute comparándolos con los argumentos que exponen algunos de los autores de los modelos de inteligencia más actuales y con mayor respaldo de la investigación y la comunidad científica (Gagné, 2015; Pfeiffer, 2020; Renzulli, 2021; Sastre-Riba y Castelló, 2017; Tourón, 2020).

2. Metodología

Se realizó una revisión sistemática de los estudios en neuroimagen que relacionan variables neurobiológicas con la capacidad cognitiva de los sujetos siguiendo los criterios establecidos en la declaración PRISMA. Para la búsqueda de estos estudios se utilizaron los términos (gifted* OR talent OR «high ability» OR «high intellectual ability» OR «intelligence» OR «IQ») AND («neuro*» OR «MRI» OR «brain networks» OR «structural connectivity» OR «functional connectivity» OR «morphometry» OR «DTI» OR «functional magnetic

resonance imaging») AND («development» OR «children» OR adolescents), a través de las bases de datos Pubmed, Scopus, Web of Science y Google Scholar sin restricción idiomática. Fueron identificaron 688 artículos científicos.

Para aplicar los criterios de inclusión y exclusión se importaron registros de las bases de datos a la herramienta Rayyan QCRI (Ouzzani et al., 2016). Se eliminaron los duplicados y se realizó un análisis inicial utilizando los resúmenes de los artículos. Como el objetivo de este estudio era analizar el constructo de inteligencia utilizado por estos autores, se excluyeron aquellas investigaciones centradas únicamente en una o varias aptitudes cognitivas ya que no hacían referencia a la capacidad cognitiva global o la inteligencia de los sujetos. Así mismo, se excluyeron aquellos estudios que no cumplieron con los criterios de inclusión expuestos en la Tabla 1, quedando 124 artículos.

TABLA 1. Criterios de inclusión y exclusión.

Criterios de inclusión	Criterio de exclusión
Años de publicación: 2010-2021	Año de publicación diferente al período 2010-2021
Uso de técnicas de imágenes cerebrales	Artículos de revisión y de casos
Muestras de niños y adolescentes	Centrados exclusivamente en adultos
Relacionan características estructurales y funcionales del cerebro con la capacidad cognitiva global	Relacionan características estructurales y funcionales del cerebro con una o varias aptitudes cognitivas específicas (no definidas como capacidad cognitiva global)
Se evalúan las puntuaciones por encima de la media poblacional o aquellas de la parte superior de la escala	Solo analizan puntuaciones por debajo de la media poblacional.
La muestra no presenta ninguna condición médica o psicológica que pueda influir en el desarrollo del sistema nervioso.	Las muestras seleccionadas presentan alguna condición médica o psicológica que pueda influir en el desarrollo del sistema nervioso.

Fuente: Elaboración propia.

La base de datos Airtable fue utilizada con el fin de establecer un sistema de clasificación que permitiera extraer información específica: autor y año; tamaño de la muestra y sexo; rango de edad, media y desviación típica; prueba de inteligencia, intervalo de CI analizado, y punto de corte; resultados principales hallados; y parámetro cerebral estudiado. Una vez revisados todos los artículos se excluyeron aquellos que no cumplieran con los criterios de inclusión, quedando 24 artículos que fueron analizados en profundidad.

Se realizó una segunda búsqueda de los autores más relevantes dentro del ámbito del desarrollo de la ACI. Para ello, se añadieron las bases de datos Dialnet y Eric. En esta ocasión, los términos utilizados fueron («gifted*» OR «talent» OR «high ability» OR «high intellectual capacity») AND («identification» OR «Diagnosis» OR «development»). Se incluyeron artículos publicados en los últimos 4 años de revisión sistemática que cumplieran con los objetivos de este trabajo. Tras una revisión exhaustiva de los artículos se realizaron búsquedas indirectas a través de los autores más citados o de aquellos que presentasen datos relevantes o novedosos para la elaboración del trabajo.

3. Resultados

Para concretar el constructo cognitivo al que se refieren los correlatos neuronales hallados en los estudios seleccionados se especifica las características de la muestra (número, sexo y edad); el tipo de instrumento utilizado para medir la capacidad intelectual y el punto de corte a partir del cual se utiliza el término de ACI.

La resonancia magnética permite estudiar los correlatos neuronales de la capacidad cognitiva a través de diferentes modalidades de imagen. Los datos obtenidos se han organizado en función de la modalidad adoptada por los autores: resonancia magnética estructural (Tabla 2); imágenes por tensor de difusión (Tabla 3); y resonancia magnética funcional y propiedades de la red neuronal a través de los enfoques de la teoría de grafos (Tabla 4).

Una de las primeras hipótesis que intentaron relacionar las características cerebrales con la capacidad cognitiva fue que el volumen cerebral podría asociarse con la inteligencia. Actualmente, es factible investigar la relación entre la morfología de diferentes tejidos cerebrales y regiones anatómicas con la capacidad cognitiva (Tabla 2).

La materia blanca consiste en axones mielinizados que transfieren información de una región del cerebro a otra, constituye alrededor de la mitad del cerebro humano y desempeña un papel fundamental como principal conductor de la señalización neuronal y la función cognitiva. A través de imágenes de tensor por difusión es posible medir las propiedades de la microestructura de las vías de materia blanca del cerebro, como la anisotropía fraccionada (FA).

En el análisis de redes el cerebro se describe como un conjunto de nodos, o regiones del cerebro, que están vinculados a través de conexiones de materia blanca (Barbey, 2018). Los datos de la conectividad funcional del cerebro, obtenidos en reposo o con una tarea, se han utilizado para evaluar la eficiencia funcional de la red cerebral en relación con la capacidad cognitiva (Tabla 4).

TABLA 2. Estudios sobre las relaciones entre las morfometrías cerebrales y la capacidad cognitiva durante el desarrollo.

Primer autor Año de publicación	Número de la muestra (N) Sexo: Hombre (H); Mujer (M)	Rango de edad, y Media ± DE	Prueba de inteligencia Intervalo CI Punto de corte	Resultados principales	Parámetro cerebral
Burgaleta et al. (2014a)	N= 188 (78 H, 110 M)	6 - 20 11.59 años ± 3.46	WASI C.I:99.1 -125.34	Asociaciones entre los cambios en las medidas del CI y los cambios en el espesor cortical, principalmente en áreas frontales izquierdas.	Área de superficie cortical, espesor cortical
Fjell et al. (2015)	N= 204 (98 H, 106 M)	8-20 14.8 ± 3.6	WASI C.I: 98.3-119.7	La expansión heterogénea de la su- perficie cortical se correlaciona posi- tivamente con las capacidades intelec- tuales.	Superficie cortical
Karama et al. (2011)	N= 207 (92 H, 115 M)	6-18.3 11.8 ± 3.5	WASI, WJPEB-III C.I:99-123	El grosor cortical se correlaciona con el rendimiento cognitivo específico después de tener en cuenta el factor general de inteligencia.	Espesor cortical
Khundrakpam et al. (2017)	N= 586 (141 H, 165 M)	6-18	WASI Bajo CI:92-108 Alto CI:113-129	El grupo Alto CI un mayor grosor cortical, especialmente en la corteza occipital, temporal y límbica.	Espesor cortical
Lange et al. (2010)	N= 285 (130 H, 155 M)	4.10 ± 18.4 10.9 ± 0.21	WASI GCA < 6 años CI:74-144	Correlaciones positivas entre los vo- lúmenes de materia gris temporal, materia blanca temporal y materia blanca frontal con el CI.	Volumen cerebral total y regional
MacDonald et al. (2014)	N= 303 (142 H, 161 M)	6-18,3 11.4 ± 3.5	WASI C.I: 98.7-123.4	Una correlación positiva entre la inte- ligencia y el volumen estriado.	Volumen estriado

Margolis et al. (2013)	N = 76 (39 H, 37M)	5-18 10.5 ± 0.5	WASI, WISC-III C.I:80-150	Correlación del grosor cortical en las regiones anterior y posterior con la discrepancia del CI verbal y de desempeño.	Espesor cortical
Menary et al. (2013)	N = 181 (81 H, 100 M)	9-24 16.31 ± 3.99	WASI C.I:80-148	Asociaciones entre el grosor cortical y la inteligencia general en niños, adolescentes y adultos jóvenes.	Espesor cortical
Navas-Sánchez et al. (2016)	Superdotados Matemáticas: N = 13 (8 H, 5 M) Control: N = 17 (11H, 6M)	Superdotados Matemáticas: 12-14 Control: 11-15 años	WISC Superdotados: C.I:112-149 Control: C.I:112-137 Criterio de selección: Grupo superdotados matemáticas: ESTALMAT	Los adolescentes dotados en matemáticas presentan una corteza más delgada y un área de superficie más grande en regiones clave de las redes frontoparietales y de modo predeterminado.	Grosor cortical y el área de la superficie
Schnack et al. (2015)	N = 504 (282 H, 222 M)	9-60	WAIS III, WISC-III C.I:80-140	La relación entre el grosor cortical y el área de la superficie cortical con la inteligencia a lo largo del desarrollo.	Espesor cortical, área de superficie cortical
Westerhausen et al. (2017)	N = 495 (245 H, 250 M)	6,4-21,9	WASI	Una correlación positiva de la morfología del cuerpo calloso con la inteligencia.	Cuerpo calloso

WAIS: Escala de inteligencia de adultos de Wechsler; WASI: Escala de inteligencia abreviada de Wechsler; WISC: Escala de inteligencia de Wechsler para niños; WJPEB-III: Batería Psicoeducativa; GCA: Capacidad conceptual general de la Escala de capacidad diferencial; ESTALMAT: pensamiento visuoespacial, intuición, creatividad, abstracción, manipulación y manejo de estímulos cognitivos.

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 3. Estudios sobre las relaciones entre las propiedades de la materia blanca del cerebro y la capacidad cognitiva durante el desarrollo.

Primer autor Año de publicación	Número de la muestra (N) Sexo: Hombre (H); Mujer (M)	Rango de edad y Media ± DE	Prueba de inteligencia Intervalo CI Punto de corte	Resultados principales	Parámetro cerebral
Clayden et al. (2012)	N = 59 (25 H, 34 M)	8-16 11.5 ± 2.1	WISC-IV CI:88-137	Los cambios estructurales de la FA predican el CI a gran escala.	Todo el cerebro.
Koevar et al. (2019)	N = 43 (32 H, 11 M)	8-12 9.82 ± 1,06	WISC-IV	Alto CI asociado a una mayor integridad y densidad de materia blanca en los principales haces de fibras intra e inter-hemisféricas y una organización de red bien equilibrada entre las escalas local y global	Todo el cerebro
Koenis et al. (2018)	N = 330 (158 H, 172M)	9-22.9 13.45 años	WISC-III WASI. III C.I:86.4-117	La correlación genética entre CI y eficiencia global y local aumentó con la edad.	Todo el cerebro
Navas-Sánchez et al. (2014)	Superdotados Matemáticas: N = 13 (8 H, 5 M) Control: N = 23 (19H, 4M)	Superdotados Matemáticas: 12-14 13.8 ± 0.6 Control: 12-15 años 13.4 ± 0.8	WISC Superdotados: C.I:112-149 Control: C.I:112-137 Criterio de selección ACI: ESTALMAT	El CI muestra una correlación positiva significativa con la microestructura de la materia blanca, principalmente en el cuerpo calloso.	Corteza frontal orbitaria medial. Corteza cingulada anterior rostral

Nusbaum et al. (2017)	N = 44 (36 H, 8 M)	6,01 - 20,01 11,59 años ± 3,46	WISC-IV ACI CI: ≥ 130 Control CI: 96.4 - 114	Mayor integridad de la materia blanca inter e intra-hemisférica en los niños con ACI.	Todo el cerebro.
Tames et al. (2011)	N = 168 (81 H, 87 M)	8-12 17.7 ± 6.1	WISC-IV CI:82-141	Relaciones negativas y positivas entre grosor cortical y volumen de materia blanca, respectivamente y el CI.	64 regiones corticales y subcorticales.
Wang et al. (2012)	N = 16 (8 H, 8 M)	13-18 15,3 ± 1,24 16,26 ± 1.3	WASI CI:106.8-125.46	Correlaciones positivas significativas entre FA y CI a gran escala.	Todo el cerebro.
Westerhausen et al. (2017)	N = 109 (54 H, 55 M)	8-20 17.7 ± 6.1	WASI CI:96.3-118.5	Los cambios de la materia blanca a lo largo de la vida se manifiestan a través de un patrón dinámico de interacciones neurobiológicas y ambientales.	Todo el cerebro

WAIS: Escala de inteligencia de adultos de Wechsler; WASI: Escala de inteligencia abreviada de Wechsler; WISC: Escala de inteligencia de Wechsler para niños; ESTALMAT: pensamiento visuoespacial, intuición, creatividad, abstracción, manipulación y manejo de estímulos cognitivos.

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 4. Estudios sobre las relaciones entre la conectividad funcional o la eficiencia global y local del conectoma y la capacidad cognitiva durante el desarrollo.

Primer autor Año de publicación	Número de la muestra (N) Sexo: Hombre (H); Mujer (M)	Rango de edad y Media ± DE	Prueba de inteligencia Intervalo CI Punto de corte	Resultados principales	Parámetro cerebral
Bathelt et al. (2019)	N = 63 (34 H, 29 M)	7-12	WASI (Razonamiento fluido) AWMA	La eficiencia del conectoma de la sustancia blanca se asocia fuertemente con el CI y el nivel educativo.	Todo el cerebro.
Kim et al. (2016)	N = 99 (54 H, 45 M)	6-11 7.8 ± 1.22	WISC-IV (Razonamiento Perceptual)	Asociación positiva entre la eficiencia global y local y el procesamiento motor visuoespacial.	Todo el cerebro
Langeslag et al. (2013)	N = 115 (56 H, 59 M)	6-8	Snijders-Oomen Niet-verbal- R Subtest: Mosaics, Categories	Asociación entre la inteligencia no verbal y la conectividad funcional parietal-frontal	Todo el cerebro
Solé-Casals et al. (2019)	N = 29	12.03 ± 0.54	WISC EFAI CI ACI:148.80±2.93 Control:122.71 ± 3.89	Alto CI asociado a una red neuronal más integrada (menos segregada) y mayor comunicación inter-modular	Materia gris cortical
Suprano et al. (2019)	N = 58 (44 H, 14 M)	8-12 10.1 ± 1.2	WISC-IV CI ACI 130	Mayor eficiencia y transmisión neuronal en el grupo de ACI.	Todo el cerebro

WAIS: Escala de inteligencia de adultos de Wechsler; WASI: Escala de inteligencia abreviada de Wechsler; WISC: Escala de inteligencia de Wechsler para niños; AWMA: Evaluación de la memoria de trabajo; tarea de recuperación de dígitos, recuperación de dígitos hacia atrás, matriz de puntos y tarea Mr X; EFAI: Evaluación Factorial de las Aptitudes Intelectuales.
Fuente: Elaboración propia.

Durante la última década han surgido numerosos estudios de Big Data en todo el mundo que evalúan la función y la estructura del cerebro humano en desarrollo con imágenes de resonancia magnética, sin embargo, estos estudios no se han incluido porque las muestras revisadas no cumplían con algunos de los criterios de inclusión de este estudio.

4. Discusión

4.1. Análisis de la muestra

A pesar de los avances en los métodos de exploración para estudiar los principios de la organización del cerebro estos rara vez se han aplicado a poblaciones en desarrollo, especialmente durante la primera infancia, una edad en la que se producen cambios cognitivos sustanciales. Las muestras de todos los estudios analizados superan los 4 años y 10 meses de edad. La dificultad para trabajar con muestras de menor edad radica, fundamentalmente, en la ansiedad que genera en estos niños ingresar al escáner de resonancia magnética lo que puede limitar su colaboración. Además, la capacidad de atención limitada y la baja precisión con respecto al desempeño de la tarea, junto con el movimiento excesivo de la cabeza, son factores potenciales que complican la calidad de los datos y, en última instancia, dificultan su interpretación.

Las investigaciones señalan que es a partir de los 4 años donde la exposición a entornos favorables o desfavorables, o la focalización de ciertos dominios a expensas de otros, tiene mayores influencias en el desarrollo cognitivo y creativo

(Gómez-León, 2020c). Por lo que existe un consenso cada vez mayor de que las habilidades de la ACI comienzan, alcanzan su punto máximo y terminan sus trayectorias a diferentes edades dependiendo del dominio específico donde se desarrollan (p. ej., matemáticas, escritura creativa...) (Pfeiffer, 2020). Sin embargo, solo la investigación de Navas-Sánchez et al. (2014) ha tenido en cuenta el dominio específico donde se desarrollan las habilidades.

Por otra parte, los resultados del estudio de Schnack et al. (2015), corroboran y complementan otras investigaciones longitudinales donde se observa que los niños con altas puntuaciones en CI siguen un patrón de maduración cortical atípico. Por ejemplo, el desarrollo cortical de los niños con un alto CI se acelera durante la edad de 11-12.5 años y se ralentiza durante la edad de 12.5-14 años, mientras que la corteza de los niños con un CI promedio se desarrolla lentamente durante la edad de 11-12.5 años y se acelera durante la edad de 12.5-14 años (Gómez-León, 2020d). Este dato es especialmente importante cuando se estudian muestras transversales donde las medidas solo dan una visión parcial de los cambios esperados durante el desarrollo. Sin embargo, en ninguno de los estudios consultados se ha tenido en cuenta las diferencias en el patrón de maduración de las muestras.

4.2. Constructo de inteligencia

Excepto el estudio de Navas-Sánchez et al. (2014), todas las investigaciones utilizan una perspectiva monolítica para medir la inteligencia obtenida a través de los test de CI. Estas escalas están basadas en el modelo de dos factores de Spearman que

sostiene que el desempeño en las pruebas de capacidad mental refleja conjuntamente un factor específico, *s*, que es único para cada prueba, y un factor general, *g*, que es común en todas las pruebas. En el nivel de habilidad general las personas que se desempeñan bien en un dominio también tienden a desempeñarse bien en otros, es lo que se denomina variedad positiva. Los autores de los estudios revisados justifican la validez y relevancia de este instrumento como única medida de inteligencia argumentando que las puntuaciones: están altamente correlacionadas y generan un fuerte factor general que subyace a las diferentes capacidades; son estables en el tiempo; muestran una alta heredabilidad; y predicen los principales resultados de la vida (Goriounova y Mansvelder, 2019).

Sin embargo, algunos autores han analizado si las diferencias promedio de CI entre grupos con diferente nivel académico pueden atribuirse a *g*, encontrando que no existe una asociación significativa entre el constructo científico de la inteligencia general (*g*) y las diferencias en la inteligencia en general (CI) evaluadas por la escala WAIS-III (Wechsler Adult Intelligence Scale) (Colom et al., 2002).

Por otra parte, la evidencia científica ha mostrado que la capacidad cognitiva se basa en procesos altamente dinámicos que dependen de la actividad neuronal. La estructura y la funcionalidad de las regiones cerebrales asociadas con el CI cambian durante la niñez y la edad adulta y están influenciadas por el aprendizaje, las diferencias hormonales, la experiencia y la edad (Gómez-León, 2020c; Goriounova y

Mansvelder, 2019), por lo que las puntuaciones de CI también pueden cambiar significativamente a lo largo de todo el ciclo vital. Un informe del Study of Normal Brain Development (NIH) reveló que el 25 % de los participantes de entre 6 y 18 años mostraron cambios de 9 puntos o más (casi 2/3 de desviación estándar) en pruebas test-retest realizadas con un intervalo de 2 años (Waber et al., 2012). Además, las horas de práctica predicen el alto rendimiento en diversos dominios (Pfeiffer, 2020)

En cuanto a la heredabilidad, los estudios de asociación de todo el genoma muestran que la inteligencia es un factor altamente poligénico donde las variantes genéticas solo pueden predecir del 20 % al 21 % de la varianza del CI, menos de la mitad de las estimaciones de heredabilidad en estudios de gemelos (>50 %), y el 0.022 % de la varianza cuando se asocia a los logros educativos como fenotipo de la inteligencia (Goriounova y Mansvelder, 2019). Por lo que los efectos genéticos sobre la capacidad cognitiva no operan independientemente de los factores ambientales, sino que se revelan a través de la transcripción regulada por señales impulsadas por la experiencia. En este sentido, existen datos que muestran que el estatus socioeconómico modifica la heredabilidad del CI en niños pequeños (Turkheimer et al., 2003) y que la educación de los padres tiene una fuerte asociación con el CI de los niños que no está mediada por los volúmenes cerebrales totales o regionales (Lange et al., 2010).

Además, cada vez hay más evidencias de que las puntuaciones de CI no son un buen predictor del logro académico y del éxito en

la vida (Sastre-Ribay y Castelló, 2017). En España las estadísticas muestran que el 70 % de los alumnos con ACI tienen un bajo rendimiento escolar y entre un 35-50 % fracasan escolarmente (Nolla et al., 2017). En el mundo laboral, los trabajadores que tienen un rendimiento académico satisfactorio no siempre alcanzan una carrera tan brillante como su CI (Sugiarti et al., 2018). Algunos autores han argumentado que ser seleccionado por un alto CI hace que las personas tengan acceso a un mayor número de recursos, lo que posibilita el desarrollo de las capacidades intelectuales y un mejor rendimiento en el trabajo (Byington y Felps, 2010), esta sería una explicación alternativa a la afirmación predominante de que el CI por sí mismo facilita el desempeño laboral. Más recientemente, aprovechando los datos del Adolescent Brain Cognitive Development (ABCD), uno de los mayores estudios de neuroimagen realizado en adolescentes, se ha podido demostrar que el estatus socioeconómico influye en el desarrollo cognitivo (Sripada et al., 2021), y no necesariamente a la inversa.

Los modelos de desarrollo del talento actuales se alejan de esta visión reduccionista, estática e inmutable de la inteligencia pasando a considerarla como un estado dinámico, ecológico, transaccional y de desarrollo (Renzulli, 2021; Tourón, 2020). Desde esta perspectiva cada etapa del desarrollo está influida por variables como los recursos disponibles, las oportunidades proporcionadas y aprovechadas, el apoyo social y emocional, las elecciones personales, ciertas características de personalidad, eventos imprevistos e incluso la buena fortuna. Sería el conjunto de estas variables lo

que determinaría la puntuación obtenida en las pruebas de CI y, en última instancia, el éxito en la vida (Pfeiffer, 2020).

4.3. Instrumento de medida

Todas las investigaciones analizadas en este estudio han utilizado diferentes escalas de Wechsler, excepto la investigación de Langeslag et al. (2013), que utilizó la prueba de inteligencia no verbal Snijders-Oomen (SON). El 37 % de las investigaciones han utilizado la Wechsler Intelligence Scale for Children de Wechsler (WISC). Esta escala está diseñada para estimar el factor *g* de Spearman, en el que las puntuaciones compuestas deben estar dentro de 1.5 desviaciones típicas (23 puntos) para que el CI de escala completa sea un constructo unitario e interpretable (Silverman y Gilman, 2020). Aunque esta escala es una de las más utilizadas para la medida del CI, los niños con ACI tienden a obtener puntuaciones medias/altas en tareas de razonamiento abstracto (verbal, visual espacial, y razonamiento fluido) y puntuaciones más bajas en tareas de memoria de trabajo y velocidad de procesamiento. Las discrepancias entre estas puntuaciones pueden ser lo suficientemente importantes como para que los resultados no sean interpretables. Por lo que la National Association for Gifted Children (NAGC) recomienda hallar el Índice de Capacidad General obtenido a través de 6 tareas de Comprensión Verbal y Razonamiento Perceptivo, ampliamente vinculadas con la aptitud de razonamiento abstracto que es la que mejor identifica la ACI.

El 54 % de los estudios examinados han utilizado la versión abreviada de la escala de Wechsler WASI (*Wechsler Abbrevia-*

ted Scale of Intelligence) con 4 subpruebas (*similitudes, vocabulario, razonamiento matricial, diseño de bloques*). Esta forma breve se ha utilizado para obtener una evaluación rápida y confiable de la capacidad intelectual. La WASI está construida sobre la base de subpruebas que evalúan habilidades cognitivas de alto nivel, como la comprensión verbal y el razonamiento perceptivo. Aunque estas pruebas han mostrado ser globalmente eficientes en el contexto de la ACI (Aubry y Bourdin, 2018), la declaración de posición de WISC IV y V de la NAGC advierte que algunas variables pueden reducir los puntajes de CI en esta población. Una de ellas es el tiempo de administración estimado para cada prueba, en general, estos niños son más reflexivos que los niños normotípicos y no son particularmente rápidos cuando realizan tareas de papel y lápiz sin sentido y cronometradas. Suelen puntuar más alto en subpruebas sin tiempo que involucran razonamiento abstracto que en subpruebas de razonamiento con sincronización. Además, los evaluadores han informado múltiples respuestas correctas adicionales en algunas subpruebas si la administración continúa hasta los límites de la prueba después de que el niño alcance el criterio de interrupción de tres fallas consecutivas. Por lo que cortar los criterios de discontinuación puede acelerar la administración de la prueba, pero penaliza a los niños con ACI y puede subestimar sus habilidades (Silverman y Gilman, 2020). En ninguno de los estudios examinados consta que se hayan tenido en cuenta estas recomendaciones, lo que puede afectar a la calidad de la medición.

Se ha demostrado que las diferencias en la calidad de la medición tienen un efec-

to moderador sobre la correlación entre el volumen cerebral y la inteligencia y la conectividad funcional e inteligencia en estado de reposo. Con el fin de conocer esta calidad Gignac y Bates (2017) han presentado una guía esencial que relaciona el número de pruebas, sus dimensiones cognitivas, el tiempo de prueba y la correlación con *g* en una escala de calidad de 4 puntos: 1: «mala»; 2: «regular»; 3: «buena»; y 4: «excelente». Siguiendo estos criterios, de los 23 artículos revisados el 42 % tendrían una categoría «buena» (Bathelt et al., 2019; Clayden et al., 2012; Kim et al., 2016; Kocevar et al., 2019; Langeslag et al., 2013; Navas-Sánchez et al., 2014; Nusbaum et al., 2017; Solé-Casals et al., 2019; Tamnes et al., 2011; Suprano et al., 2019) y el 58 % restante «regular».

4.4. Punto de corte entre ACI y CI normotípico

El 79 % de los estudios seleccionados correlacionan las medidas neurobiológicas con el CI, pero no realizan una comparación estadística entre grupos con o sin ACI. Puede haber un error de interpretación al pensar que los dos tipos de estudios deben converger necesariamente hacia los mismos resultados, ya que el grupo con alto CI puede no encontrarse simplemente en un extremo del continuo de la inteligencia general y las propiedades cerebrales correspondientes, sino que pueden presentar características estructurales y funcionales cualitativamente diferentes (Navas-Sánchez et al., 2014). Además, de los cinco estudios que realizan comparaciones entre grupos, solo tres (Nusbaum et al., 2017; Solé-Casals et al., 2019; Suprano et al., 2019) siguen las recomendaciones de la APA (Asociación Americana de Psicólogos) (American Educational

Research Association, American Psychological Association, National Council on Measurement and Education, 2014) utilizando un punto de corte de 2 desviaciones estándar por encima del promedio (CI de 130 en Wechsler) para identificar a los niños con o sin ACI. Los dos estudios restantes (Khundrakpam et al., 2017; Navas-Sánchez, 2014) establecen puntos de corte próximos a la media poblacional, a pesar de que las investigaciones señalan que a medida que el perfil intelectual se aleja más de las puntuaciones normotípicas las características diferenciales del funcionamiento cognitivo son cuantitativa y cualitativamente mayores (Sastre-Riba y Ortiz, 2018).

4.5. Áreas cerebrales estudiadas y hallazgos neurobiológicos relacionados con el CI

Los hallazgos de las investigaciones morfométricas examinadas muestran que el volumen del cerebro, los volúmenes de materia gris y blanca, el volumen de algunas estructuras subcorticales, como el estriado, y el grosor y la superficie de algunas regiones corticales tienen correlaciones positivas con el CI. Sin embargo, el 72 % de las investigaciones se han centrado principalmente en las características anatómicas de la corteza cerebral, asociada al razonamiento lógico-deductivo, mientras que solo un 28 % han estudiado estructuras subcorticales relacionadas con la creatividad y la motivación, a pesar de la amplia evidencia sobre su relación con la cognición de orden superior (Gómez-León, 2020a; 2020b).

La materia blanca juega un papel clave durante el desarrollo de las funciones cognitivas, de hecho, a medida que las regio-

nes cerebrales distantes se interconectan de manera más eficiente, la capacidad de transferir y analizar información también se vuelve más eficiente contribuyendo de forma importante en la velocidad de procesamiento y el desarrollo cognitivo. De las investigaciones que han estudiado la integridad de la materia blanca en el cerebro el 87 % lo han hecho tanto en regiones corticales como subcorticales hallando correlaciones positivas con el CI. Este mayor número de conexiones inter e intrahemisférica también ha sido asociado en numerosas ocasiones con el pensamiento creativo (Gómez-León, 2020b), sin embargo, ninguna de las investigaciones revisadas ha analizado si estos resultados son debidos, o no, o en qué medida, a los efectos superpuestos de perfiles complejos donde interaccionan procesos convergentes y divergentes.

Los estudios que hacen referencia a la relación entre la conectividad funcional de las conexiones neuronales y la capacidad cognitiva muestran una correlación positiva entre la eficiencia local y global de la red y las aptitudes lógicas deductivas medidas a través del CI. La capacidad cognitiva surgiría de las contribuciones de diferentes regiones cerebrales distribuidas que funcionan juntas como una red integrada y que interactúan produciendo variaciones en el sistema a lo largo del desarrollo. Cuando se comparan grupos de ACI con diferentes perfiles en la escala de Wechsler, heterogéneos (puntuación >130 en comprensión verbal o en razonamiento perceptivo) y homogéneos (puntuación >130 en ambas escalas), se encuentra una mayor conectividad estructural y funcional en el grupo homogéneo (Nusbaum et

al., 2017; Suprano et al., 2019). Además, investigaciones neurocognitivas recientes han encontrado que la integración de la red neuronal, su interacción dinámica, y la capacidad de alcanzar estados de red difíciles que faciliten la resolución adaptativa de problemas es mayor en procesos relacionados con la creatividad que en aquellos relacionados con la inteligencia (Kenett et al., 2018). Sin embargo, solo el estudio de Navas-Sánchez et al. (2014) ha utilizado tareas de respuesta abierta que permitan estudiar la relación entre la integración e interacción de la red y la creatividad en perfiles de ACI complejos.

4.6. Generalización de los resultados de las técnicas de neuroimagen a la ACI

Es posible que el hecho de reducir el constructo de inteligencia a una sola dimensión radique en la dificultad que supone encontrar un instrumento adecuado para medirla. El propio Binet, autor de las primeras pruebas de inteligencia, siendo consciente de los límites de su escala, tuvo que descartar las tareas de creatividad porque no pudo encontrar un método riguroso para evaluarlas, lo que condicionó el instrumento que posteriormente utilizó para medir la inteligencia (Sternberg y O'Hara, 2005).

Wechsler, el autor de las pruebas utilizadas por el 96 % de los estudios revisados, admite que la inteligencia, tal y como él la concibe, no puede ser medida por ningún test, o, al menos, no en su totalidad y, en todo caso, no de manera directa, «nuestros tests de inteligencia solo llegan a medir una parte y no todas las capacidades que constituyen el comportamiento inteligente»¹ (Wechsler, 1943, p. 101, traducción de

la autora). Según este autor los tests de inteligencia, como medida de la aptitud intelectual, solo explican entre un 50 % y 70 % del comportamiento inteligente, mientras que el resto depende de factores no intelectivos. Es más, en el caso de existir una contradicción entre los datos psicométricos y cualitativos aconseja guiarse por estos últimos (Wechsler, 1943).

A pesar de que la mayoría de los autores de la pedagogía diferencial están de acuerdo en que basar el concepto de inteligencia solo en los puntajes de las pruebas de CI es ignorar muchos aspectos importantes de la capacidad mental (Pfeiffer, 2020), todos los estudios revisados han asociado la inteligencia con las habilidades de razonamiento lógico-deductivo y académicas medidas a través del CI. Este tipo de pruebas están relacionadas con los procesos de memorización y reproducción de los aprendizajes. Sin embargo, no evalúan la capacidad para adaptarse a situaciones poco familiares o resolver problemas nuevos y complejos, lo que requiere de habilidades relacionadas con la creatividad y el pensamiento divergente (Sternberg y O'Hara, 2005).

La creatividad de alto nivel está asociada a una puntuación de CI por encima del promedio, es más, cuanto más exigente es la demanda del potencial creativo más altos son los umbrales mínimos necesarios de CI (Jiménez et al., 2008). La evidencia científica ha mostrado reiteradamente que los niños y adolescentes con ACI no solo muestran un mayor CI y un mejor funcionamiento ejecutivo, sino también una creatividad excepcional y una mayor motivación para la tarea (Gómez-León, 2020a;

2020b; Jiménez et al., 2008; Pfeiffer, 2020; Renzulli, 2021; Sastre-Riba y Ortiz, 2018). Por lo que el 92 % de los autores de los test más usados en la evaluación de la ACI, entre ellos Renzulli, Pfeiffer, Reynolds (RIAS), Kaufman, Elliot (BAS3), Raven, y los autores del Weschler, están de acuerdo en que el uso de una sola dimensión para identificar la ACI proporciona una muestra limitada del perfil de la capacidad del niño o del adolescente pudiendo subestimar o sobreestimar su capacidad o potencial. A pesar de ello, solo la investigación de Navas-Sánchez et al. (2014) tiene en cuenta este aspecto. Mediante tareas que pueden categorizarse como cognitivas, motivacionales y creativas, estos autores hallaron que los niños con ACI (alto CI y alta creatividad), frente a los niños que solo tenían un alto CI, no solo utilizaban estrategias más eficientes e innovadoras para resolver problemas nuevos y complejos, sino que, además, presentaban una estructura cerebral diferente:

Una mayor conectividad intrahemisférica en algunas regiones del cuerpo calloso relacionadas con el razonamiento fluido, el funcionamiento ejecutivo y la memoria de trabajo.

Una mayor conectividad en las redes frontoparietales y frontoestriatales implicadas en el pensamiento creativo, el procesamiento por analogías y la motivación.

Una mayor superficie en la corteza visual bilateral relacionado con el procesamiento de imágenes mentales enriquecidas asociadas con la memoria de trabajo visuoespacial.

Según estos autores un alto CI podría mejorar la capacidad de procesamiento de la información entre hemisferios, pero una ACI, es decir un alto CI junto con una alta creatividad y motivación, permitiría una mayor participación en situaciones cada vez más difíciles y novedosas, lo que supondría una ventaja adaptativa, puesto que incrementaría el ritmo de aprendizaje, la flexibilidad cognitiva y la adaptación de todo el sistema a los cambios constantes del entorno y del propio sistema.

5. Conclusión

Existen diferencias individuales en la capacidad para aprender, adaptarse a los cambios del entorno y resolver problemas nuevos y complejos. Los últimos estudios de neuroimagen han supuesto un avance sin precedentes en el desarrollo de instrumentos que permiten estudiar los correlatos neuronales de estas diferencias, sin embargo, estos avances contrastan con el instrumento utilizado para medir la inteligencia. Un instrumento basado en la concepción tradicional y reduccionista de principios del siglo xx en la que la inteligencia es considerada sinónimo del CI.

Expertos en pedagogía diferencial consideran la ACI como una configuración neurobiológica multidimensional que puede, o no, tener una correspondencia con las puntuaciones obtenidas en los test de CI. Desde esta disciplina, la ACI está configurada por componentes lógico-deductivos y creativos que, necesariamente, deben medirse para la identificación de la ACI. Sin embargo, son escasos los estudios de neuroimagen que estudian cómo interaccionan

estos componentes en el desarrollo de los niños con ACI, uno de los principales motivos puede ser que los sistemas y procesos implicados se han investigado de forma aislada e independientemente el uno del otro.

Solo uno de los estudios analizados ha tenido en cuenta el perfil intelectual de los participantes, basado en tareas convergentes y divergentes, encontrando que tener un alto CI y una ACI (alto CI y alta creatividad) son dos constructos diferentes. Los niños con ACI muestran cerebros más eficientes con áreas densamente interconectadas que permiten interacciones mutuas entre diferentes procesos cognitivos, lo que, a su vez, da lugar a respuestas más eficientes y adaptadas al dominio concreto donde se manifiestan.

Estos resultados sugieren que, en la actualidad, la mayoría de los datos obtenidos a través de los estudios de neuroimagen no pueden ser generalizados a la población con ACI. Se evidencia la necesidad de realizar un verdadero trabajo interdisciplinar que permita establecer un consenso en cuanto a la validez y la fiabilidad del constructo que se pretende medir y de los instrumentos utilizados para hacerlo.

Conocer, tanto desde una perspectiva biológica como cognitiva, las distintas habilidades y procesos que posibilitan el desarrollo de la ACI es fundamental para adoptar planes educativos adecuados. Si el desarrollo de las habilidades del siglo XXI «consiste en aplicar los correspondientes conocimientos, habilidades de investigación, habilidades creativas, habilidades de pensamiento crítico y habilidades interpersonales a la solución de problemas rea-

les» (Renzulli, 2021, p. 25, traducción de la autora) se sugiere que sean en estas capacidades donde, además, se estudien los correlatos neuronales de la inteligencia.

Nota

¹ La **revista española de pedagogía** se publica en español y en inglés. Por este motivo, sigue el criterio, cuando se citan textos ajenos, de acudir a los originales que están escritos en esas lenguas y de poner su traducción oficial, cuando tal texto se haya editado también en el otro idioma. En caso de que no se haya producido esa traducción oficial, el texto citado se ofrecerá a los lectores traducido o por el autor del artículo (señalándose que la traducción es del autor del artículo), o por el traductor jurado contratado por la revista.

Referencias bibliográficas

- American Educational Research Association, American Psychological Association y National Council on Measurement and Education (2014). *Standards for educational and psychological testing*. American Educational Research Association.
- Aubry, A. y Bourdin, B. (2018). Short forms of Wechsler scales assessing the intellectually gifted children using simulation data [Formas cortas de las escalas Wechsler que evalúan a los niños superdotados intelectualmente utilizando datos de simulación]. *Frontiers in psychology*, 9, 830. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00830>
- Barbey, A. K. (2018). Network Neuroscience Theory of human intelligence [Teoría de la neurociencia en red sobre la inteligencia humana]. *Trends in cognitive sciences*, 22 (1), 8-20. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2017.10.001>
- Bathelt, J., Johnson, A., Zhang, M. y Astle, D. E. (2019). The cingulum as marker of individual differences in neurocognitive development [El cíngulo como marcador de las diferencias individuales en el desarrollo neurocognitivo]. *Scientific reports*, 9 (1), 2281. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-38894-z>
- Burgaleta, M., Johnson, W., Waber, D. P., Colom, R. y Karama, S. (2014a). Cognitive ability changes and dynamics of cortical thickness deve-

- lopment in healthy children and adolescents [Cambios en la capacidad cognitiva y dinámica del desarrollo del grosor cortical en niños y adolescentes sanos]. *NeuroImage*, 84, 810-819. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.09.038>
- Byington E. y Felps W. (2010). Why do IQ scores predict job performance? An alternative, sociological explanation [¿Por qué las puntuaciones de CI predicen el rendimiento laboral? Una explicación alternativa y sociológica]. *Research in Organizational Behavior*, 30 (C), 175-202. <https://doi.org/10.1016/j.riob.2010.08.003>
- Castelló, T.A. (2008). Bases intelectuales de la excepcionalidad, un esquema integrador. **revista española de pedagogía**, 240, 203-220.
- Clayden, J. D., Jentschke, S., Muñoz, M., Cooper, J. M., Chadwick, M. J., Banks, T., Clark, C. A. y Vargha-Khadem, F. (2012). Normative development of white matter tracts: similarities and differences in relation to age, gender, and intelligence [Desarrollo normativo de los tractos de materia blanca: similitudes y diferencias en relación con la edad, el sexo y la inteligencia]. *Cerebral cortex*, 22 (8), 1738-1747. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhr243>
- Colom R., Abad F. J., García L. F. y Juan-Espinosa, M. (2002). Educación, coeficiente intelectual de escala completa de Wechsler y g. *Intelligence*, 30 (5), 449-462. [https://doi.org/10.1016/S0160-2896\(02\)00122-8](https://doi.org/10.1016/S0160-2896(02)00122-8)
- Fjell, A. M., Westlye, L. T., Amlie, I., Tamnes, C. K., Grydeland, H., Engvig, A., Espeseth, T., Reinvang, I., Lundervold, A. J., Lundervold, A. y Walhovd, K. B. (2015). High-expanding cortical regions in human development and evolution are related to higher intellectual abilities [Regiones corticales de alta expansión en el desarrollo y la evolución de los seres humanos se relacionan con mayores capacidades intelectuales]. *Cerebral cortex*, 25 (1), 26-34. <https://doi.org/10.1093/cercor/bht201>
- Gagné, F. (2015). From genes to talent: the DMGT/CMTD perspective [De los genes al talento: la perspectiva del DMGT/CMTD]. *Revista de Educación*, 368, 12-37. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2015-368-289>
- Gignac, G. E. y Bates T. C. (2017). Brain volume and intelligence: The moderating role of intelligence measurement quality [Volumen cerebral e inteligencia: el papel moderador de la calidad de la medición de la inteligencia]. *Intelligence*, 64, 18-29. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2017.06.004>
- Gómez-León, M. I. (2019). Psicobiología de las altas capacidades. Una revisión actualizada. *Psiquiatría biológica*, 26 (3), 105-112 <https://doi.org/10.1016/j.psiq.2019.09.001>
- Gómez-León, M. I. (2020a). La psicobiología de la motivación en el desarrollo de las altas capacidades intelectuales. Revisión bibliográfica. *Psiquiatría biológica*, 27 (2), 47-53. <https://doi.org/10.1016/j.psiq.2020.01.003>
- Gómez-León, M. I. (2020b). Bases psicobiológicas de la creatividad en los niños con altas capacidades. *Psiquiatría biológica*, 27 (1), 28-33. <https://doi.org/10.1016/j.psiq.2020.01.004>
- Gómez-León, M. I. (2020c). Desarrollo de la alta capacidad durante la infancia temprana. *Papeles del Psicólogo*, 41 (2), 147-158. <https://doi.org/10.23923/pap.psicol2020.2930>
- Gómez-León, M. I. (2020d). Psicobiología de la alta capacidad intelectual y el trastorno por déficit de atención con hiperactividad. Diagnóstico diferencial. *Psiquiatría biológica*, 27 (3), 96-104. <https://doi.org/10.1016/j.psiq.2020.06.003>
- Goriounova, N. A. y Mansvelder, H. D. (2019). Genes, cells and brain areas of intelligence. *Frontiers in human neuroscience*, 13, 44. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00044>
- Jiménez, J. E., Artiles, C., Rodríguez, C., García, E., Camacho, J. y Moraes, J. (2008). Creatividad e inteligencia: ¿dos hermanas gemelas inseparables? **revista española de pedagogía**, 240, 261-282.
- Karama, S., Colom, R., Johnson, W., Deary, I. J., Haier, R., Waber, D. P., Lepage, C., Ganjavi, H., Jung, R., Evans, A. C. y Brain Development Cooperative Group (2011). Cortical thickness correlates of specific cognitive performance accounted for by the general factor of intelligence in healthy children aged 6 to 18 [Correlaciones del grosor cortical del rendimiento cognitivo específico contabilizado por el factor general de la inteligencia en niños sanos de 6 a 18 años]. *NeuroImage*, 55 (4), 1443-1453. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.01.016>
- Kenett, Y. N., Medaglia, J. D., Beaty, R. E., Chen, Q., Betzel, R. F., Thompson-Schill, S. L. y Qiu,

- J. (2018). Driving the brain towards creativity and intelligence: A network control theory analysis [Dirigiendo el cerebro hacia la creatividad y la inteligencia: un análisis de la teoría de control de redes]. *Neuropsychologia*, 118 (Pt A), 79-90. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.01.001>
- Khundrakpam, B. S., Lewis, J. D., Reid, A., Karama, S., Zhao, L., Chouinard-Decorte, F., Evans, A. C. y Brain Development Cooperative Group (2017). Imaging structural covariance in the development of intelligence [La imagen de la covarianza estructural en el desarrollo de la inteligencia]. *NeuroImage*, 144, 227-240. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.08.041>
- Kim, D. J., Davis, E. P., Sandman, C. A., Sporns, O., O'Donnell, B. F., Buss, C. y Hetrick, W. P. (2016). Children's intellectual ability is associated with structural network integrity [La capacidad intelectual de los niños está asociada a la integridad estructural de la red]. *NeuroImage*, 124, 550-556. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.09.012>
- Kocevar, G., Suprano, I., Stamile, C., Hannoun, S., Fournieret, P., Revol, O., Nusbaum, F. y Sappey-Mariniere, D. (2019). Brain structural connectivity correlates with fluid intelligence in children: A DTI graph analysis [La conectividad estructural del cerebro se correlaciona con la inteligencia fluida en los niños: un análisis gráfico DTI]. *Intelligence*, 72, 67-75. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2018.12.003>
- Koenis, M., Brouwer, R. M., Swagerman, S. C., van Soelen, I., Boomsma, D. I. y Hulshoff Pol, H. E. (2018). Association between structural brain network efficiency and intelligence increases during adolescence [La asociación entre la eficiencia estructural de la red cerebral y la inteligencia aumenta durante la adolescencia]. *Human brain mapping*, 39 (2), 822-836. <https://doi.org/10.1002/hbm.23885>
- Lange, N., Froimowitz, M. P., Bigler, E. D., Lainhart, J. E. y Brain Development Cooperative Group (2010). Associations between IQ, total and regional brain volumes, and demography in a large normative sample of healthy children and adolescents. *Developmental neuropsychology*, 35 (3), 296-317. <https://doi.org/10.1080/87565641003696833>
- Langeslag, S. J., Schmidt, M., Ghassabian, A., Jaddoe, V. W., Hofman, A., van der Lugt, A., Verhulst, F. C., Tiemeier, H. y White, T. J. (2013). Functional connectivity between parietal and frontal brain regions and intelligence in young children: the Generation R study [Conectividad funcional entre regiones cerebrales parietales y frontales e inteligencia en niños pequeños: el estudio de la Generación R]. *Human brain mapping*, 34 (12), 3299-3307. <https://doi.org/10.1002/hbm.22143>
- MacDonald, P. A., Ganjavi, H., Collins, D. L., Evans, A. C. y Karama, S. (2014). Investigating the relation between striatal volume and IQ [Investigación de la relación entre el volumen estriatal y el CI]. *Brain imaging and behavior*, 8 (1), 52-59. <https://doi.org/10.1007/s11682-013-9242-3>
- Margolis, A., Bansal, R., Hao, X., Algermissen, M., Erickson, C., Klahr, K. W., Naglieri, J. A. y Peterson, B. S. (2013). Using IQ discrepancy scores to examine the neural correlates of specific cognitive abilities. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 33 (35), 14135-14145. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0775-13.2013>
- Menary, K., Collins, P. F., Porter, J. N., Muetzel, R., Olson, E. A., Kumar, V., Steinbach, M., Lim, K. O. y Luciana, M. (2013). Associations between cortical thickness and general intelligence in children, adolescents and young adults [Asociaciones entre el grosor cortical y la inteligencia general en niños, adolescentes y adultos jóvenes]. *Intelligence*, 41 (5), 597-606. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2013.07.010>
- Navas-Sánchez, F. J., Alemán-Gómez, Y., Sánchez-González, J., Guzmán-De-Villoria, J. A., Franco, C., Robles, O., Arango, C. y Desco, M. (2014). White matter microstructure correlates of mathematical giftedness and intelligence quotient [Correlación de la microestructura de la materia blanca con la superdotación matemática y el cociente intelectual]. *Human brain mapping*, 35 (6), 2619-2631. <https://doi.org/10.1002/hbm.22355>
- Nolla, G. C., Pareja, E. M. D., Tudela, J. M. O. y de la Rosa, A. L. (2017). Análisis y valoración de la situación actual del alumnado con altas capacidades en España. *Revista de Educación Inclu-*

- siva, 5 (2), 129-140. <https://revistaeducacioninclusiva.es/index.php/REI/article/view/238/232>
- Nusbaum, F., Hannoun, S., Kocevar, G., Stamile, C., Fournieret, P., Revol, O. y Sappey-Mariniér, D. (2017). Hemispheric differences in white matter microstructure between two profiles of children with high intelligence quotient vs. controls: A tract-based spatial statistics study [Diferencias hemisféricas en la microestructura de la materia blanca entre dos perfiles de niños con alto coeficiente intelectual frente a los controles: un estudio estadístico espacial basado en tractos]. *Frontiers in neuroscience*, 11, 173. <https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00173>
- Ouzzani, M., Hammady, H., Fedorowicz, Z. y Elmagarmid, A. (2016). Rayyan — a web and mobile app for systematic reviews [Rayyan - una aplicación web y móvil para revisiones sistemáticas]. *Systematic Reviews*, 5, 210. <https://doi.org/10.1186/s13643-016-0384-4>
- Pfeiffer, S. I. (2020). *Giftedness and talent development in children and youth [Desarrollo de altas capacidades y talentos en niños y jóvenes]*. En P. Ward, J. M. Schraagen, J. Gore y E. M. Roth (Eds.), *The Oxford Handbook of Expertise* (pp. 103-127). Oxford University Press.
- Renzulli, J. S. (2021). El papel del profesor en el desarrollo de habilidades cognitivas complejas en personas jóvenes. **revista española de pedagogía**, 79 (278), 13-32. <https://doi.org/10.22550/REP79-1-2021-01>
- Sastre-Riba, S. y Castelló, A. (2017). Fiabilidad y estabilidad en el diagnóstico de la alta capacidad intelectual. *Revista de Neurología*, 64 (1), 51-58. <https://doi.org/10.33588/rn.64S01.2017028>
- Sastre-Riba, S. y Ortiz, T. (2018). Neurofuncionalidad ejecutiva: estudio comparativo en las altas capacidades. *Revista de Neurología*, 66 (1), 51-56. <https://doi.org/10.33588/rn.66S01.2018026>
- Schnack, H. G., van Haren, N. E., Brouwer, R. M., Evans, A., Durston, S., Boomsma, D. I., Kahn, R. S. y Hulshoff Pol, H. E. (2015). Changes in thickness and surface area of the human cortex and their relationship with intelligence [Los cambios en el grosor y la superficie del córtex humano y su relación con la inteligencia]. *Cerebral cortex*, 25 (6), 1608-1617. <https://doi.org/10.1093/cercor/bht357>
- Silverman, L. K. y Gilman, B. J. (2020). Best practices in gifted identification and assessment: Lessons from the WISC-V [Mejores prácticas en la identificación y evaluación de superdotados: lecciones del WISC-V]. *Psychology in the Schools*, 57 (10), 1569-1581. <https://doi.org/10.1002/pits.22361>
- Solé-Casals, J., Serra-Grabulosa, J. M., Romero-García, R., Vilaseca, G., Adán, A., Vilaró, N., Bargalló, N. y Bullmore, E. T. (2019). Structural brain network of gifted children has a more integrated and versatile topology [La red estructural del cerebro de los niños superdotados tiene una topología más integrada y versátil]. *Brain structure & function*, 224 (7), 2373-2383. <https://doi.org/10.1007/s00429-019-01914-9>
- Sripada, C., Angstadt, M., Taxali, A., Clark, D. A., Greathouse, T., Rutherford, S., Dickens, J. R., Shedden, K., Gard, A. M., Hyde, L. W., Weigard, A. y Heitzeg, M. (2021). Brain-wide functional connectivity patterns support general cognitive ability and mediate effects of socioeconomic status in youth [Los patrones de conectividad funcional de todo el cerebro apoyan la capacidad cognitiva general y median los efectos del estatus socioeconómico en los jóvenes]. *Translational psychiatry*, 11 (1), 571. <https://doi.org/10.1038/s41398-021-01704-0>
- Sternberg, R. J. (2012). Inteligencia. *Diálogos en neurociencia clínica*, 14 (1), 19-27. <https://doi.org/10.31887/DCNS.2012.14.1/rsternberg>
- Sternberg, R. J. y O'Hara, L. (2005). Creatividad e inteligencia. *CIC. Cuadernos de Información y Comunicación*, 10, 113-149. <https://www-redalyc.org/articulo.oa?id=93501006>
- Sugiarti, R., Suhariadi, F. y Erlangga, E. (2018). The chance of gifted intelligent students' success in career [La posibilidad de que los estudiantes inteligentes superdotados tengan éxito en su carrera]. *Indian Journal of Public Health Research and Development*, 9 (9), 277. <https://doi.org/10.5958/0976-5506.2018.01009.4>
- Suprano, I., Delon-Martin, C., Kocevar, G., Stamile, C., Hannoun, S., Achard, S., Badhwar, A., Fournieret, P., Revol, O., Nusbaum, F. y Sappey-Mariniér, D. (2019). Topological modification of brain networks organization in children with high intelligence quotient: A resting-state fmri study [Modificación topológica de la organización de

- las redes cerebrales en niños con alto coeficiente intelectual: un estudio de RMF en estado de reposo]. *Frontiers in human neuroscience*, 13, 241. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00241>
- Tamnes, C. K., Fjell, A. M., Østby, Y., Westlye, L. T., Due-Tønnessen, P., Bjørnerud, A. y Walhovd, K. B. (2011). The brain dynamics of intellectual development: waxing and waning white and gray matter [La dinámica cerebral del desarrollo intelectual: aumento y disminución de la materia blanca y gris]. *Neuropsychologia*, 49 (13), 3605-3611. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.09.012>
- Tourón, J. (2020). Las altas capacidades en el sistema educativo español: reflexiones sobre el concepto y la identificación. *Revista de Investigación Educativa*, 38 (1), 15-32.
- Turkheimer, E., Haley, A., Waldron, M., D'Onofrio, B. y Gottesman, I. I. (2003). Socioeconomic status modifies heritability of IQ in young children. *Psychological science*, 14 (6), 623-628. https://doi.org/10.1046/j.0956-7976.2003.psci_1475.x
- Waber, D. P., Forbes, P. W., Almli, C. R., Blood, E. A. y Brain Development Cooperative Group (2012). Four-year longitudinal performance of a population-based sample of healthy children on a neuropsychological battery: The NIH MRI study of normal brain development [Rendimiento longitudinal de cuatro años de una muestra poblacional de niños sanos en una batería neuropsicológica: el estudio de resonancia magnética del NIH sobre el desarrollo normal del cerebro]. *Journal of the International Neuropsychological Society: JINS*, 18 (2), 179-190. <https://doi.org/10.1017/S1355617711001536>
- Wang, L., Wee, C. Y., Suk, H. I., Tang, X. y Shen, D. (2015). MRI-based intelligence quotient (IQ) estimation with sparse learning [Estimación del cociente intelectual (CI) mediante resonancia magnética con aprendizaje disperso]. *PloS one*, 10 (3), e0117295. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0117295>
- Wechsler, D. (1943). Non-intellective factors in general intelligence [Factores no intelectuales de la inteligencia general]. *Journal of Abnormal and Social Psychology*, 38, 101-103. <https://doi.org/10.1037/h0060613>
- Westerhausen, R., Friesen, C. M., Rohani, D. A., Krogsrud, S. K., Tamnes, C. K., Skranes, J. S., Håberg, A. K., Fjell, A. M. y Walhovd, K. B. (2018). The corpus callosum as anatomical marker of intelligence? A critical examination in a large-scale developmental study [¿El cuerpo calloso como marcador anatómico de la inteligencia? Un examen crítico en un estudio de desarrollo a gran escala]. *Brain structure & function*, 223 (1), 285-296. <https://doi.org/10.1007/s00429-017-1493-0>
- Westlye, L. T., Walhovd, K. B., Dale, A. M., Bjørnerud, A., Due-Tønnessen, P., Engvig, A., Grydeland, H., Tamnes, C. K., Ostby, Y. y Fjell, A. M. (2010). Life-span changes of the human brain white matter: diffusion tensor imaging (DTI) and volumetry [Cambios en la materia blanca del cerebro humano a lo largo de la vida: imágenes con tensor de difusión (DTI) y volumetría]. *Cerebral cortex*, 20 (9), 2055-2068. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhp280>

Biografía de la autora

María Isabel Gómez-León es Profesora de postgrado en las titulaciones de Máster de Educación Especial, Máster de Atención Temprana y Desarrollo Infantil, Máster de Neuropsicología y Educación y Máster de Neuromarketing en la Universidad Internacional de La Rioja y en las titulaciones de Máster de Procesos Educativos de Enseñanza y Aprendizaje, Máster de Atención a la Diversidad y Máster en Estudios Avanzados en Altas Capacidades y Gestión del talento y Profesora de los grados de Educación Infantil y Educación Primaria en la Universidad Antonio de Nebrija; Profesora de postgrado en las titulaciones de Máster de Competencias Docentes Avanzadas y del Máster de Orientación e Intervención Psicopedagógica en la Universidad Camilo José Cela; y Directora y Profesora de postgrado en el Máster de Atención Temprana en la Universidad Francisco de Vitoria.



<https://orcid.org/0000-0001-7466-5441>

Sumario *

Table of Contents **

Estudios Studies

Antonio García-Carmona

La comprensión de aspectos epistémicos de la naturaleza de la ciencia en el nuevo currículo de Educación Secundaria Obligatoria, tras la LOMLOE
Understanding epistemic aspects of the nature of science in Spain's new curriculum for compulsory-secondary education since the LOMLOE law

433

María Isabel Gómez-León

Alta capacidad intelectual desde la neuroimagen y la pedagogía diferencial. ¿Hablamos de lo mismo?
Giftedness from the perspective of neuroimaging and differential pedagogy. Are we talking about the same thing?

451

Eduardo Fernández Fernández

Retórica y Educación: una aproximación a la escuela romana
Rhetoric and Education: an approach to the Roman school

475

Notas Notes

Esther López-Martín, Belén Gutiérrez-de-Rozas, Andrea Otero-Mayer y Eva Expósito-Casas
Análisis cualitativo del perfil profesional del buen docente de educación secundaria
Qualitative analysis of the professional profile of a good secondary school teacher

493

Noelia Salas Román, Margarita Alcaide Risoto y Carlos Hue García

Mejora de las competencias socioemocionales en alumnos de educación infantil a través de la educación emocional
Improving socio-emotional competencies in pre-school pupils through emotional education

517

Adoración Díaz López, Javier Jerónimo Maquilón Sánchez y Ana Belén Mirete Ruiz

Validación de la escala Ud-TIC sobre el uso problemático del móvil y los videojuegos como mediadores de las habilidades sociales y del rendimiento académico
Validation of the Ud-TIC scale on the problematic use of mobile phones and video games as mediators of social skills and academic performance

533

Rosalía Jódar Martínez, María del Pilar Martín Chaparro, María Dolores Hidalgo Montesinos y Juan Pedro Martínez Ramón

Percepción del estilo parental y calidad de vida relacionada con la salud entre adolescentes
Perceived parenting style and quality of life related to health among adolescents

559

María de la Luz Berlanga Ramírez y Luis Gibran Juárez Hernández

Validez de constructo de un instrumento para evaluar la retroalimentación asertiva en la formación inicial del profesorado
Construct validity of an instrument to assess assertive feedback in initial teacher training

583

* Todos los artículos están también publicados en inglés en la página web de la revista: <https://revistadepedagogia.org/en>.

** All the articles are also published in English on the web page of the journal: <https://revistadepedagogia.org/en>.

Reseñas bibliográficas

López Rupérez, F. (2021). *La gobernanza de los sistemas educativos. Fundamentos y orientaciones* (Ismael Sanz Labrador). **Álvarez-Castillo, J. L. y García-Cano, M. (Eds.) (2022).** *Diversidad e inclusión en la Universidad. La vía de la institucionalización* (Anabel Moriña Díez).

601

Informaciones

Congreso «Character and Virtues in Professional Practice»; XI Congreso Internacional de Psicología y Educación

609

Índice del año 2022

Table of contents of the year 2022 613

Instrucciones para los autores

Instructions for authors 621

La revista española de pedagogía traslada su sede

The revista española de pedagogía changes its address 627



ISSN: 0034-9461 (Impreso), 2174-0909 (Online)

<https://revistadepedagogia.org/>

Depósito legal: M. 6.020 - 1958

INDUSTRIA GRÁFICA ANZOS, S.L. Fuenlabrada - Madrid