

# Una aplicación de la Teoría de los Conceptos Nucleares al estudio de la estructura cognitiva de los estudiantes de 9º y 12º años de escolaridad de Portugal sobre el concepto de probabilidad

## An application of the Theory of Nuclear Concepts in the study of the cognitive structure of Portuguese students in years 9 and 12 concerning the notion of Probability

---

(1)Almeida, Cesário, (2)Casas García, Luis e Luengo González, Ricardo

(1) Instituto Politécnico de Beja - Portugal.

(2) Universidad de Extremadura.

Fecha de recepción: 26-05-2014. Fecha de aceptación: 16-10-2014

### Resumen.

*Con base en las Teorías de los Conceptos Nucleares y de los Conceptos Threshold, se pretende, con este artículo, presentar los resultados obtenidos sobre la estructura cognitiva, referida a la noción de Probabilidad, de alumnos de 9º (14-15 años) y 12º (17-18 años) curso de escolaridad, en Portugal. En cuanto a la metodología empleada, en primer lugar fueron encuestados 344 alumnos y en un segundo momento 325. Los datos recogidos, de las Redes Asociativas Pathfinder (PFNET), permitieron identificar los conceptos que asumen un mayor relieve, su correspondiente organización y un conjunto de indicadores cuantitativos relevantes a la luz de la Teoría de los Conceptos Nucleares. Los resultados muestran que esta teoría constituye una destacada herramienta didáctica para la organización de la práctica docente y un referente pedagógico importante en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Probabilidad.*

**Palabras-clave:** Probabilidad, Teoría de los Conceptos Nucleares, Representación del Conocimiento, Redes Asociativas Pathfinder.

### Abstract.

*Based on the Theories of Nuclear Concepts and Threshold Concepts, this article aims at present the results of the cognitive structure of Portuguese students in years 9 (14-15 year-olds) and 12 (17-18 year-olds), concerning the notion of Probability. Methodologically, in a first moment, 344 students were inquired and, in a second moment, 325. The Pathfinder Associative Networks (PFNETs) thus obtained led to the identification of the most relevant concepts in the students conceptual framework, their respective organization*

*and a set of quantitative indicators relevant to the Theory of Nuclear Concepts. The results show that this theory is useful tools to organize the teaching practice and a valuable and effective pedagogical framework, which should be taken into account in the teaching and learning processes of Probability.*

**Keywords:** *Probability, Theory of Nuclear Concepts, Knowledge Representation, Pathfinder Associative Networks.*

## 1. INTRODUCCIÓN

La determinación y la comprensión de cómo se organizan los conceptos asociados a un determinado contenido ha desempeñado siempre un papel importante en la Didáctica de las Matemáticas y, en las últimas décadas, se ha asumido como un tema de investigación relevante entre los investigadores educativos. A pesar de los recientes e importantes progresos sobre la forma en que la mente humana funciona y se estructura, todavía hay aspectos que constituyen un enigma. Sin embargo, hay una amplia aceptación de que la información se almacena en la memoria de una persona ajustándose a una cierta disposición de las ideas, y, en el contexto del aprendizaje de ciertos temas específicos de matemáticas, hay una organización cognitiva de conceptos, nociones y ejemplos.

En diversos países, las nuevas propuestas curriculares han asumido la inclusión y el reconocimiento de la importancia del tema de la probabilidad matemática desde los primeros años de escolaridad.

Este tema constituye un tópico matemático muy interesante, práctico y peculiar, sustentado por los diferentes enfoques epistemológicos que tratan sobre su aprendizaje. De acuerdo con Azcárate (1996) supone la ruptura de la lógica dicotómica del sí / no, verdadero / falso, del modelo determinista, introduciendo a los estudiantes en una forma de pensar diferente, al admitir la existencia, además de estas dos últimas posibilidades, de todo un rango en el que prevalecen la incertidumbre y el azar.

Para su abordaje pedagógico-didáctico, Batanero (2005) enumera los elementos del significado de la probabilidad que son considerados relevantes - *el campo de problemas del que emerge el objeto matemático, los elementos lingüísticos, los procedimientos y algoritmos, las definiciones y propiedades de los objetos, y sus relaciones con otros objetos matemáticos y los argumentos y las demostraciones de propiedades*. En paralelo, Gal (2005) reflexiona sobre lo que se entiende por alfabetización probabilística y sostiene que esta denominación sugiere, más allá de las creencias, las actitudes, los hábitos de la mente y una perspectiva crítica, una amplia gama de conocimientos objetivos y ciertas habilidades formales e informales. Este planteamiento sugiere cinco aspectos importantes que deben tenerse en cuenta en su enseñanza - *las grandes ideas, descubrir probabilidades, el lenguaje, el contexto y las preguntas críticas*.

Con este trabajo, y después de la selección de términos / conceptos / ejemplos, encontramos que durante el proceso de aprendizaje del concepto de probabilidad, hay conceptos que por su relevancia, al tener múltiples relaciones, pueden ser clasificados como Conceptos Nucleares. Sin embargo podemos comprobar que los estudiantes lo largo de su escolaridad, mantienen un reducido número de conceptos nucleares en sus representaciones de la estructura cognitiva sobre la Probabilidad, así como la persistencia de algunas relaciones que se establecen con otros términos y que se mantienen en el tiempo, no aumentando la complejidad de estas representaciones.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. La Teoría de los Conceptos Nucleares

La Teoría de los Conceptos Nucleares (TCN), desarrollada en 2002, por Casas y Luengo afirma que, a medida que los estudiantes progresan en su escolaridad, el conocimiento sobre determinado tema se estructura de una forma cada vez más simple y en torno a un conjunto limitado de conceptos relevantes - Conceptos Nucleares (CN) - que, sin embargo, no son necesariamente los más generales o más abstractos (Casas, 2002; Casas y Luengo, 2003, 2004 y 2005), pudiendo, incluso, ser términos más concretos, como los ejemplos utilizados por el profesor en el contexto del aula.

También esta teoría, como otras, tiene elementos distintivos que la caracterizan y que son la “*Organización geográfica del Conocimiento*” y las nociones de “*Concepto nuclear*” y de “*Caminos de mínimo coste*” (Casas, 2002; Antunes, 2010; Carvalho, 2011; Luengo et al, 2011;. Catarreira, 2013; Luengo, 2013; Almeida, 2014). Esta teoría emplea como soporte metodológico, las Redes Asociativas Pathfinder (PFNET) (Schvaneveldt, 1985, 1988), basadas en la Teoría de Grafos. Estas representaciones gráficas se basan en un conjunto de características comunes y están compuestas por nodos que establecen entre sí distintas relaciones entre sí, expresadas a través de aristas, y que describen la mayor o menor proximidad entre los conceptos.

Con aplicaciones en áreas tan diversas como las Matemáticas, Contabilidad, Informática, Ingeniería Telemática, Evaluación del Aprendizaje, el Análisis del

conocimiento, o la Física, entre otras, (Kudikyala y Vaughn, 2005; Arias, 2008; Clariana *et al.*, 2009; Sarwar, 2012; Almeida, 2011; Carvalho, 2011; Grossschedl y Harms, 2013), las PFNET tienen como característica distintiva la manera en la que se presentan los resultados finales. Constituyen una forma de representación organizada en el plano - las redes - que permiten, con relativa comodidad, identificar los conceptos más / menos importantes o destacados, para, además de tener una representación gráfica, disponer de un conjunto de índices (consistencia, similaridad y complejidad) y otros indicadores cuantitativos, que soportan análisis comparativos y otros más refinados, entre las redes (Casas y Luengo, 2005; Antunes, 2010; Carvalho, 2011; Almeida, 2011; Almeida, Casas y Luengo, 2013; Catarreira 2013).

Adoptando como marco teórico la Teoría de los Conceptos Nucleares, y las Redes Asociativas Pathfinder, obtuvimos la representación de la estructura cognitiva e identificamos los Conceptos Nucleares, “nodos polares” (NP) y “nodos extremidad” (NE), de los alumnos de 9º y 12º año en relación con la noción de probabilidad y, a partir de éstos elementos, hemos tratado de comprender la manera en la que estos grupos de estudiantes a organizar sus ideas en torno a la probabilidad.

### 2.2. El concepto de probabilidad y su didáctica.

El objeto matemático de este estudio - la Probabilidad - en la actualidad constituye un contenido y un componente esencial en la formación de los jóvenes y su importancia es reconocida en todos

los currículos; de la misma manera tienen también mucha importancia los resultados de las investigaciones didácticas.

El término Probabilidad se utiliza frecuentemente, de un modo más o menos intuitivo, en las más variadas situaciones del día a día, que presentan “*una característica común, que es el hecho de no ser capaz de predecir, con exactitud y de antemano, el resultado de una situación de incertidumbre*”. (Graça Martins y Ponte, 2010)

Durante el desarrollo formal del concepto de probabilidad, le fueron siendo atribuidos diferentes significados, justificados por la necesidad de resolver situaciones prácticas en diferentes períodos de la historia y del progreso de otros campos de la Matemática, en los cuales la probabilidad encontró los elementos imprescindibles de un formalismo axiomático necesario para la construcción de un modelo matemático.

Históricamente, la visión más *clásica*, o de Laplace, dominó durante un largo período de tiempo la enseñanza de la Teoría de la Probabilidad. Más tarde, con la implementación de la Matemática Moderna, surgió una introducción más formal y *axiomática* de esta área de la Matemática. Sin embargo, con el creciente interés y concienciación de la aplicación de este concepto a muchas y diferentes áreas del saber, se produjo una inclusión del concepto de probabilidad como *límite de la frecuencia relativa* de un suceso, en una serie de experiencias.

Sin embargo, hay experiencias aleatorias que, por su especificidad, nunca, o difícilmente se repetirán. En estas situaciones es conveniente interpretar la probabilidad con *subjetividad* y verla como una manifestación del grado de creencia,

o convicción, que cada persona atribuye a la ocurrencia de los acontecimientos, basada en la experiencia y la información anteriores. A propósito de esta concepción, Fernandes (1999) cataloga esta interpretación como “personalista”, ya que según él, los dos enfoques anteriores - clásico y frecuentista - consideran propiedades del mundo real, mientras que, en el enfoque subjetivista, las probabilidades son evaluaciones personales de situaciones aleatorias, inherentes al individuo.

Los diferentes conceptos de probabilidad referidos, evidencian la compleja naturaleza de este concepto matemático: Batanero, Henry e Parzys (2005) sugieren que el abordaje pedagógico de esta noción no se puede limitar a una única perspectiva, de tal modo que los alumnos, para alcanzar un nivel adecuado de comprensión de la Probabilidad, deben ser capaces de relacionar los enfoques clásico, frecuentista, subjetivista y axiomático.

La investigación didáctica sobre la Teoría de la Probabilidad, en las últimas dos décadas, ha sido muy fructífera. En el ámbito del currículo las investigaciones apuntan que, a pesar de comprobar explícitamente el cumplimiento, en estos textos, de algunas recomendaciones señaladas por la Didáctica de la Probabilidad, todavía persisten evidencias que sugieren la necesidad de una revisión de los programas, y de los temas de Estadística y Probabilidad. (Batanero, 2004, 2005, 2005 Gal, caldera 2009, Millán, 2013).

La relevancia de los recursos materiales en el proceso de Enseñanza-Aprendizaje de la Probabilidad también ha atraído la atención de la comunidad científica. La investigación realizada ha demostrado que el uso de programas informáticos

específicos ha facilitado la adquisición de diferentes conceptos probabilísticos y un mejor rendimiento de los estudiantes, como complemento de la evidencia sobre la utilidad del trabajo colaborativo para mejorar sus conocimientos (Azcárate y aserrada, 2006; Mercado, 2013, Alexander y Bueno, 2013).

La importancia del papel del docente en el contexto educativo / probabilístico también ha sido estudiado. Por lo tanto, las concepciones y puntos de vista de los profesores sobre la probabilidad se ha averiguado que son diversas, insuficientes, y a veces erróneas, por lo que es urgente organizar cursos dentro de un marco conceptual, como parte de los programas oficiales de formación del profesorado (Azcárate, 1996; Batanero, Díaz Godino y Roa, 2004; Pratt, 2005; Batanero, 2009; Batanero et al, 2009; Mannan, 2012; Anasagasti y berciana, 2013; Díaz Godino, 2013).

Los estudios sobre el aprendizaje de la probabilidad, por parte de los alumnos, también se han multiplicado. Las concepciones, los significados, las metodologías, las diferentes representaciones, conceptos y su organización, las dificultades de aprendizaje, los procedimientos y el lenguaje, han sido objeto de investigación con los estudiantes. Las conclusiones apuntan a la existencia de conflictos, y señalan la dificultad que esta temática tiene para los estudiantes (Batanero y Díaz,

2007; Lopes, 201, 2013; Almeida, Casas y Luengo 2013).

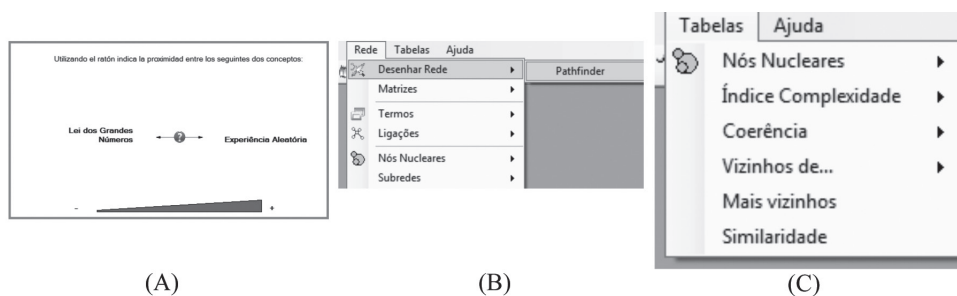
### 3. ASPECTOS METODOLÓGICOS DE LA INVESTIGACIÓN

El objetivo general de esta investigación consistió en comprender la *organización conceptual de los estudiantes de 9º (14-15 años) y 12ª (17-18 años) años de escolaridad sobre la noción de probabilidad, basándonos en el marco teórico de la Teoría de Conceptos Nucleares*".

Para lograr este propósito, se utilizó una metodología de cuestionario para recopilar los datos, aunque éste presenta características diferentes de los cuestionarios habituales, ya que sustituye el cuestionario en papel por una herramienta informática - *Goluca* - lo cual nos ha permitido formular preguntas, recoger los datos y presentar algunos resultados, ya que otros fueron tratados con el *software* específico para el análisis de datos (SPSS 20 y Excel 2007).

El programa informático *Goluca*, desarrollado por Godinho, Luengo y Casas (Godinho, 2007; Casas, Godinho y Luengo, 2011), sistematiza, en el mismo *software* tres procedimientos esenciales de las redes PFNET: 1) Permite establecer relaciones entre los términos (A); 2) Representa la estructura cognitiva (B), y; 3) Permite el análisis de la representación de la estructura (C).

Una aplicación de la Teoría de los Conceptos Nucleares al estudio de la estructura cognitiva de los estudiantes de 9º y 12º años de escolaridad de Portugal sobre el concepto de probabilidad



**Figura I. Establecimiento de la relación entre los términos, (B) Representación de las redes PFNET y (C) Análisis de las redes PFNET.**

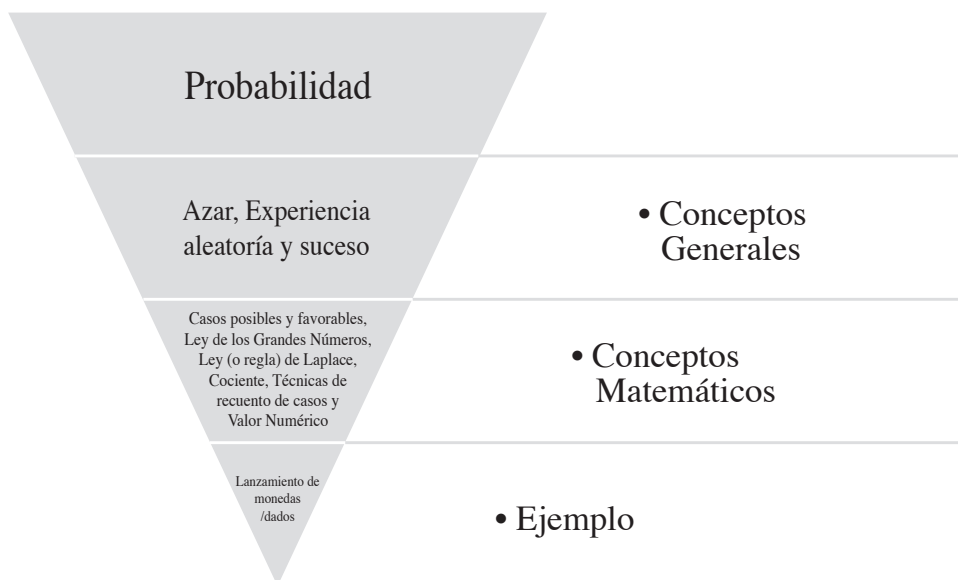
Se optó por un diseño de investigación descriptivo con características transversales, apoyado por el hecho de que los datos se obtienen a partir de una prueba, que se pasa a diferentes grupos de alumnos, condicionada por un corte en el tiempo. Desde este enfoque, el diseño de la investigación se hizo en tres fases secuenciales y funcionalmente dependientes:

1.<sup>a</sup> FASE - Definición de términos, conceptos, nociones y ejemplos que se utilizarán en la preparación de las Redes Asociativas Pathfinder. La selección de estos elementos fue una etapa fundamental en nuestro estudio. Se encuestaron veintidós profesores, se analizaron seis libros de texto de 9º año de escolaridad y los programas de Matemática en los niveles de Primaria y Secundaria y se tuvieron en cuenta artículos que clasificaran y contextualizaran los elementos de significado (Batanero, 2005), y la alfabetización probabilística (Gal, 2005), con el fin de corroborar la relevancia de los términos identificados.

2.<sup>a</sup> FASE - Encuesta, a través de *Golucca*, en un primer momento, de los estudiantes de 9º y 12º año de escolaridad. Las respuestas dadas por los alumnos se tomaron a través de un ordenador y, por esta razón, la prueba se llevó a cabo en las aulas de informática de los centros, mediante el programa *Golucca* en enero y febrero de 2013. Se determinaron estas fechas, ya que este tema se impartía en el primero periodo del año académico 2012/13 (septiembre-noviembre de 2012), tanto en 9º año como en el 12º año.

3.<sup>a</sup> FASE - Encuesta, en un segundo momento, de los alumnos de 9º y 12º año de escolaridad. Esta fase tuvo como objetivo analizar la sedimentación de las estructuras cognitivas de los estudiantes obtenidos en la fase anterior y se desarrolló en los meses de mayo y junio de 2013.

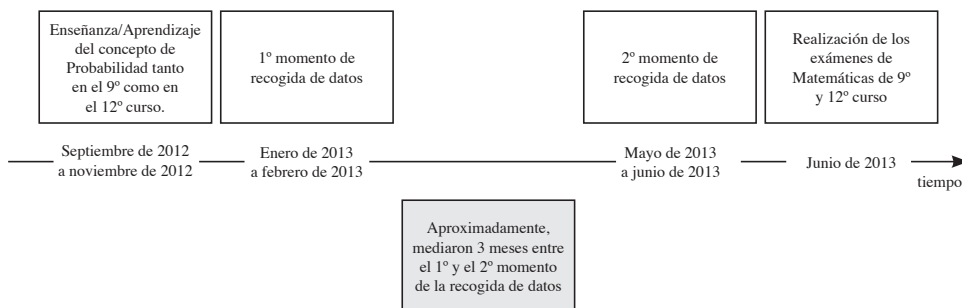
Los términos seleccionados, un total de once, fueron, teniendo en cuenta su mayor o menor generalidad, los que se muestran en la **Figura II**.



**Figura II. Jerarquía de los conceptos/términos/nociones/ejemplos asociados a la Probabilidad.**

Definidos los términos / conceptos / ejemplos que se utilizarán para la construcción de las redes PFNET, se decidió realizar la recogida de datos con los mis-

mos estudiantes, en dos momentos diferentes – 1.º Momento y 2.º Momento (Figura III).



**Figura III. Organización, en términos temporales del 1º y 2º momentos de recogida de datos, en 9º y 12º año.**



*Una aplicación de la Teoría de los Conceptos Nucleares al estudio de la estructura cognitiva de los estudiantes de 9º y 12º años de escolaridad de Portugal sobre el concepto de probabilidad*

El 1º momento de la recogida de datos fue planificado para llevarlo a cabo después de la impartición del tema de la Probabilidad y en él se pretendía obtener las primeras representaciones de la estructura cognitiva de los estudiantes, a través de las redes asociativas Pathfinder, sobre este concepto.

El 2º Momento de obtención de información tuvo como objetivo indagar acerca de la consolidación y evolución

de las representaciones de la estructura cognitiva para el caso de la Probabilidad. También se pretendía analizar la sedimentación de estos conocimientos y la estabilidad temporal de las concepciones cognitivas de los estudiantes.

La distribución de los estudiantes encuestados, en los dos momentos de la recogida de datos, se hizo según el año de escolaridad y el Género, como se muestra en la Tabla I:

1º MOMENTO				2º MOMENTO		
Género/año	9º AÑO	12º AÑO	TOTAL	9º AÑO	12º AÑO	TOTAL
Masculino	116	43	159	105	46	151
Femenino	134	51	185	121	53	174
Total	250	94	344	226	99	325

**Tabla I – Distribución de los alumnos de la Muestra, en los momentos 1.º y 2.º, de acuerdo con el Año de Escolaridad y con el Género.**

Para establecer las relaciones entre los términos, se procedió a preguntar a los alumnos sobre las relaciones que ellos consideraban que existían, entre los términos previamente definidos. Se pidió a los diferentes sujetos que, en su opinión, indicasen la mayor (o menor) proximidad entre los pares de conceptos que, sucesivamente, les aparecían en pantalla, durante la ejecución del test en el programa Goluca, en número de

$C_2^n = \frac{n(n-1)}{2} = \frac{11 \times 10}{2} = 55$ . Cuanto mayor (o menor) fuera el peso asignado mayor (o menor) sería la proximidad entre los conceptos / términos.

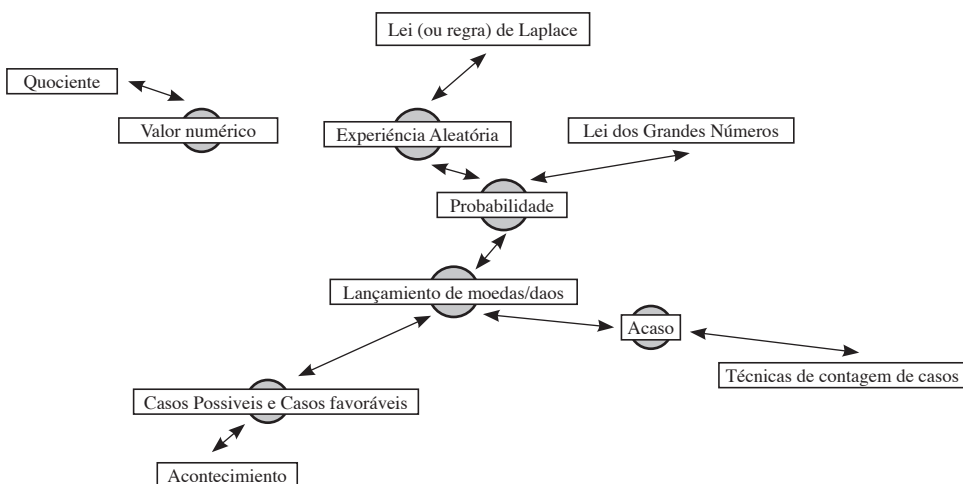
A través de este procedimiento, y para cada estudiante, se generó una matriz (Tabla II), que refleja numéricamente la relación entre los términos considerados y que es la base cuantitativa para la representación de la estructura cognitiva del alumno, a través de las PFNET.

	TCC	EA	CPCF	Pro	Quo	LMD	Acon	VN	LL	Aca
Técnicas de recuento de casos (TCC)										
Experimento Aleatorio	0,216									

	TCC	EA	CPCF	Pro	Quo	LMD	Acon	VN	LL	Aca
Casos Posibles y casos favorables (CPCF)	0,506	0,848								
Probabilidad (Pro)	0,558	0,913	0,923							
Cociente (Quo)	0,535	0,126	0,535	0,535						
Lanzamiento de	0,545	0,565	0,952	0,935	0,148					
Acontecimiento (Acon)	0,181	0,906	0,939	0,881	0,252	0,510				
Valor Numérico (VN)	0,532	0,548	0,497	0,116	0,835	0,500	0,177			
Ley (o regla) de Laplace	0,194	0,929	0,526	0,558	0,506	0,187	0,197	0,168		
Azar (Aca)	0,926	0,568	0,868	0,490	0,168	0,935	0,542	0,126	0,116	
Ley de los Grandes	0,219	0,129	0,165	0,506	0,503	0,184	0,148	0,487	0,145	0,226

**Tabla II – Matriz de proximidad de un alumno de 9º año sobre el concepto de Probabilidad, obtenida con el software Goluca.**

A partir de esta matriz se construye la respectiva Red Asociativa Pathfinder (Figura IV).



**Figura IV: Red PFNET de un alumno de 9º año de escolaridad.**

Las redes PFNET así obtenidas ofrecen muchos datos visuales (Conceptos Nucleares, Nodos extremidad, nodos polares, relaciones entre conceptos, grupos de conceptos homogéneos, distancias,...) que, además, se complementan con indicadores cuantitativos, como la coherencia, la similaridad entre las redes, Índice de Complejidad de la red, el índice de centralidad de red, entre otros, y también la información dada por las propias matrices numéricas.

Interpretaremos “Concepto nuclear” como el concepto que tiene tres o más enlaces; el número de estos enlaces es el grado del nodo nuclear y por el hecho de tener muchos enlaces es relevante en la representación de la estructura cognitiva para el aprendizaje de un determinado contenido. Interpretaremos como “nodo extremidad”, el concepto que, en la *Red Asociativa Pathfinder*, presenta un solo enlace y, en consecuencia, todavía no está debidamente incorporado en la estructura cognitiva de los alumnos. También tenemos que definir “nodo polar” como el que tiene exactamente dos conexiones (Casas, 2002; Casas y Luengo, 2003, 2004, 2005).

La coherencia de una red (Schvaneveldt, 1988) permite evaluar el conocimiento del tema tratado y presenta un valor que varía en el intervalo [-1,1] (Casas y Luengo, 2004; Antunes, 2012; Catarreira, 2013 Almeida, 2014) .

El índice de similaridad de dos redes se calcula a partir del análisis de los enlaces totales existentes en ambas redes y de los enlaces comunes a dichas redes y varía en el intervalo [0,1] (Casas, 2002)

El Índice de Complejidad de una red (ICR), desarrollado por Casas (2002), es

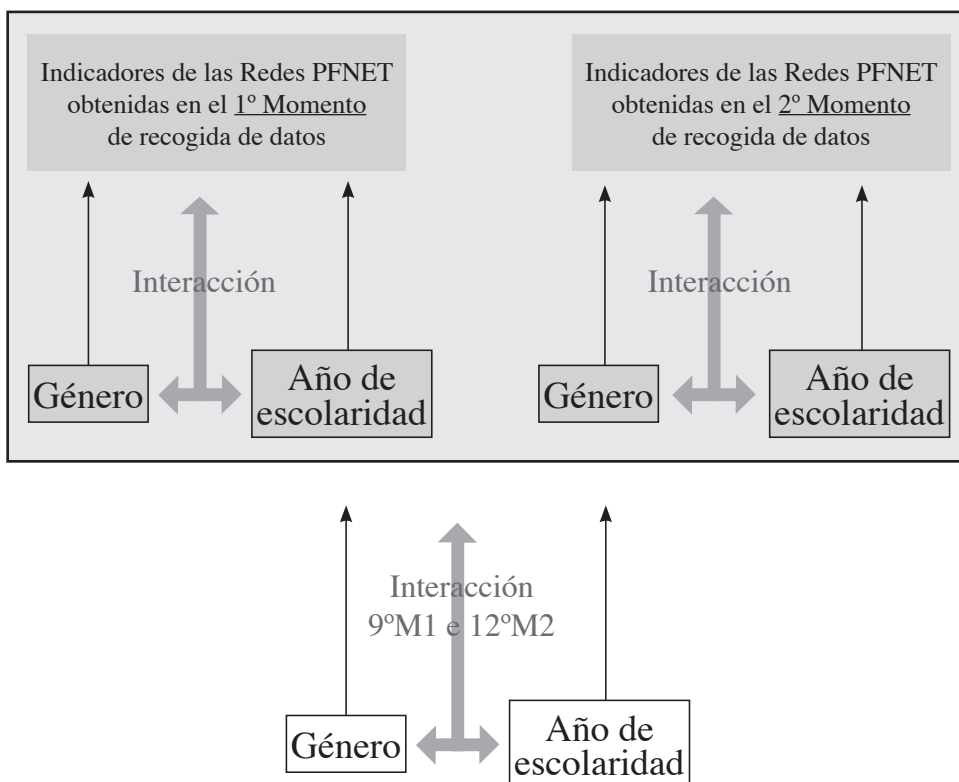
un indicador numérico para evaluar cuantitativamente la complejidad de las diferentes redes PFNET y también proporciona un valor que oscila entre 0 y 1. Cuanto mayor es su valor, mayor es la complejidad de la red. Este índice depende del producto de tres factores: la densidad de la red (D), el factor de nodos nucleares (N) y el factor de grado de los nodos nucleares (FN).

La centralidad de grado de una red es una medida para evaluar el tipo de estructura cognitiva y también varía entre 0 y 1 (Clariana, 2011, 2013; Almeida, 2014).

#### **4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

Son muy pocos los fenómenos que pueden ser comprendidos a través del estudio de una sola variable independiente (factor). En consecuencia, es conveniente estudiar el efecto no sólo de un de factor, sino también, la posible interacción - o relación - existente entre variables independientes, en otras palabras, la posible influencia que cada factor puede tener sobre la respuesta de la variable dependiente para el otro factor.

El tratamiento estadístico utilizado para este análisis ha sido el Análisis de Varianza *Two-Way* (o de dos factores) no paramétrico (ya que las variables no presentan comportamientos de acuerdo con la distribución normal) de los diversos indicadores cuantitativos de las *Redes Asociativas Pathfinder*, de acuerdo con el siguiente esquema, y en base a las variables independientes Género y Año de Escolaridad:



**Figura V: Esquema del Análisis de Varianza Two-Way de dos factores).**

Variables	Nodos Extremidad		Nodos Polares		Conceptos Nucleares		Densidad		Coherencia		ICR	
	F	Sig.	F	Sig.	F	Sig.	F	Sig.	F	Sig.	F	Sig.
Modelo corregido	1,798	,147	2,564	,055	,127	,944	,888	,448	10,8	,000	,115	,951
Intersección	817,5	,000	874,3	,000	937	,000	1048	,000	997,8	,000	875,9	,000
Género	1,086	,298	1,604	,206	,015	,904	,001	,972	1,006	,317	,156	,693
Año de Escolaridad	4,097	,044	6,143	,014	,351	,554	2,011	,157	30,6	,000	,025	,875
Género * Año de Escolaridad	,033	,960	,111	,740	,048	,827	,410	,523	,012	,911	,307	,580

**Tabla III – ANOVA Two-Way, para las variables número de nodos extremidad, nodos polares y Conceptos Nucleares, Densidad, Coherencia e ICR como los factores fijos Género y Año de Escolaridad, 1.º Momento (N=344).**

*Una aplicación de la Teoría de los Conceptos Nucleares al estudio de la estructura cognitiva de los estudiantes de 9º y 12º años de escolaridad de Portugal sobre el concepto de probabilidad*

En cuanto a la variable dependiente “Número de nodos extremidad”, en relación al factor Año de escolaridad (Sig. = 0,044<0,05) es estadísticamente significativa entre los alumnos del 9º y del 12º cursos. La misma conclusión se obtiene también para el “número de nodos polares” (Sig. = 0,014<0,05). Por último, el “número de Conceptos Nucleares” es

independiente de Género y “Año de Escolaridad”. Para los indicadores estructurales, encontramos que sólo la coherencia de las redes PFNET para la variable Año de escolaridad es discriminatoria (Sig. = 0,000<0,05).

Para el 2º Momento de la recogida de datos, el ANOVA de dos vías produce los siguientes resultados:

Variables	Nodos Extremidad		Nodos Polares		Conceptos Nucleares		Densidad		Coherencia		ICR	
	F	Sig.	F	Sig.	F	Sig.	F	Sig.	F	Sig.	F	Sig.
Modelo corregido	,385	,764	,933	,425	,480	,696	1,416	,764	8,710	,764	,894	,444
Intersección	821,6	,000	945,1	,000	800,5	,000	960,3	,000	1041,3	,000	766,4	,000
Género	,003	,955	,477	,490	,437	,509	,593	,955	,523	,955	,618	,432
Año de Escolaridad	1,145	,285	2,032	,155	0,88	,767	,915	,285	18,301	,285	,059	,808
Género * Año de Escolaridad	,000	,996	,068	,794	,401	,527	1,378	,241	3,884	,049	,968	,326

**Tabla IV – ANOVA *Two-Way*, para las variables Número de “nodos extremidad”, “nodos polares” y “Conceptos Nucleares”, Densidad, Coherencia e ICR frente a los factores fijos Género y “Año de Escolaridad”, 2.º Momento (N=325).**

Las variables independientes Género y Año de Escolaridad no son discriminatorias respecto al número nodos extremidad, polares, Conceptos Nucleares, densidad e índice de complejidad de las redes. En cuanto a la coherencia de la PFNET se observa que tanto el Año de Escolaridad (Sig. = 0,000<0,05) como la interacción

entre Género frente a Año de Escolaridad (Sig. = 0,049<0,05) tiene influencia en el comportamiento de este indicador.

Para tener una lectura más transversal presentamos el análisis de los estudiantes encuestados en el 9º año (1º Momento) y 12º año (2º Momento) de recogida de datos en la Tabla V:

Variables	Nodos Extremidad		Nodos Polares		Conceptos Nucleares		Densidad		Coherencia		ICR	
	F	Sig.	F	Sig.	F	Sig.	F	Sig.	F	Sig.	F	Sig.
Modelo corregido	1,330	,265	1,963	,119	,269	,848	,416	,742	8,265	,000	,055	,983
Intersección	888,8	,000	904,3	,000	903,5	,000	1031,1	,000	993,9	,000	849,5	,000
Género	,230	,632	,070	,791	,004	,950	,009	,923	,002	,964	,001	,982
Año de Escolaridad	2,918	,088	4,764	,030	,798	,372	,787	,376	22,176	,000	,137	,712
Género * Año de Escolaridad	,294	,588	,485	,487	,001	,973	,264	,608	1,421	,234	,033	,857

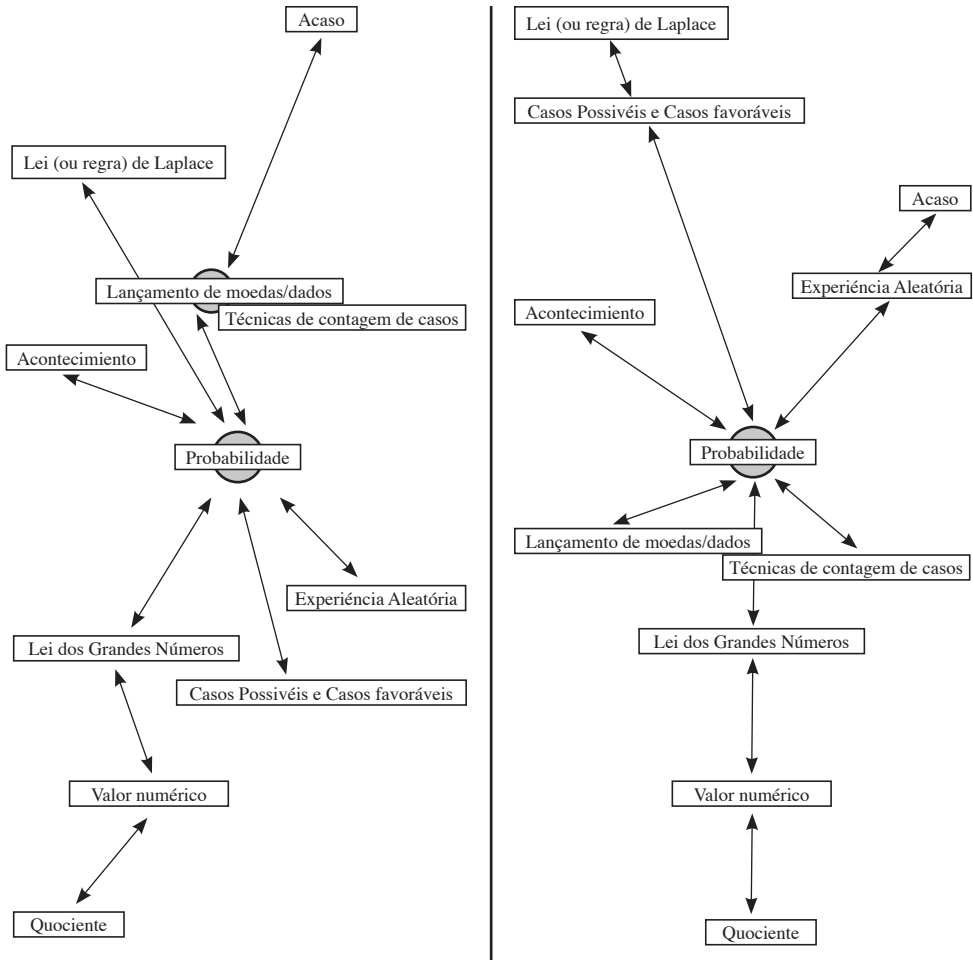
**Tabla V – ANOVA *Two-Way*, para las variables “Número de nodos extremidad”, “Nodos Polares” y “Conceptos Nucleares”, Densidad, Coherencia e ICR frente a los factores fijos Género y Año de Escolaridad, en el 9º año (1.º Momento) y 12º año (2º Momento) (N=349).**

Constatamos que el único factor que influye en las variables dependientes “Número de Nodos polares” (Sig.=0,03<0,05) y “Coherencia” (Sig.=0,00<0,05) es el “Año de Escolaridad”. El valor medio del número de nodos polares es menor en el 9º año (3,44) que en el 12º año (3,82). Una conclusión similar se puede llegar en relación con la coherencia de las PFNET, ya que el valor medio de este indicador en el 9º año (0,121) es menor que el de 12º

año (0,263). Podemos también concluir que el “Índice de complejidad (ICR)” se mantiene estadísticamente semejante, tanto a lo largo del año de escolaridad (Sig.= 0,712<0,05), como en cuanto al género (Sig.= 0,982<0,05) y a su posible interacción (Sig.= 0,857<0,05).

Las Redes Medias PFNET para los dos años de escolaridad y en los dos momentos mencionados se presentan en las Figuras VI y VII:

Una aplicación de la Teoría de los Conceptos Nucleares al estudio de la estructura cognitiva de los estudiantes de 9º y 12º años de escolaridad de Portugal sobre el concepto de probabilidad

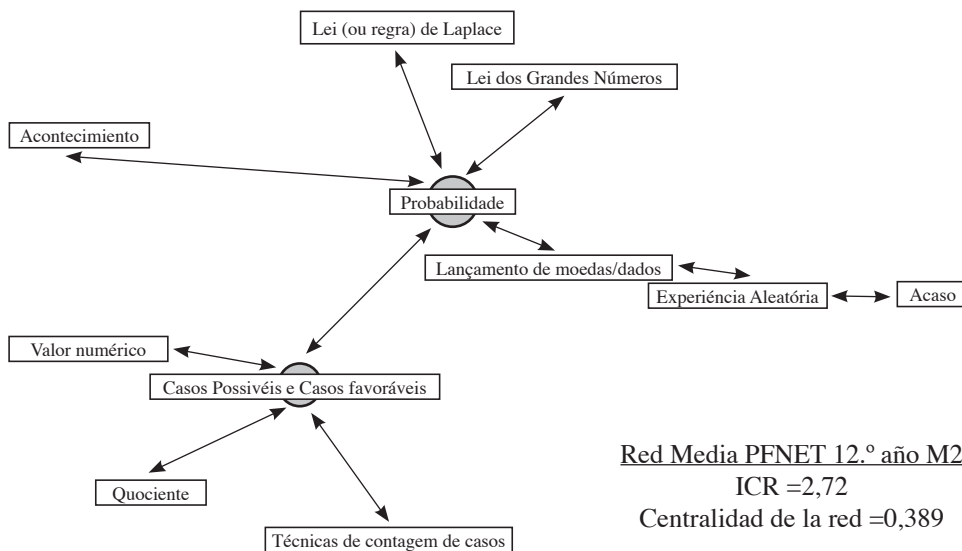
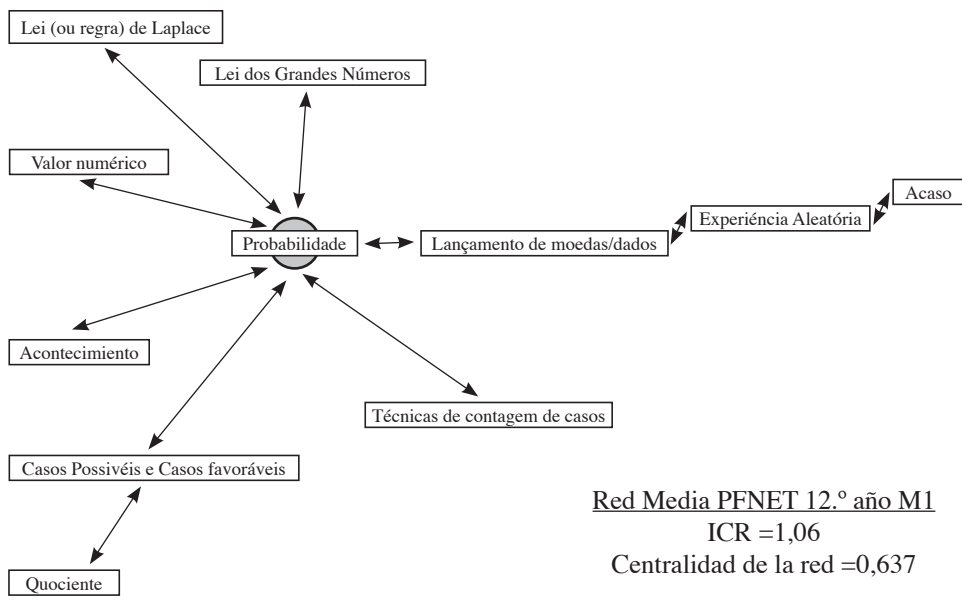


Red Media PFNET 9.º año M1  
 ICR =2,716  
 Centralidad de la red =0,513

Red Media PFNET 9.º año M2  
 ICR =0,91  
 Centralidad de la red =0,511

Similaridad =0,538

**Figura VI – Redes Medias PFNET del 9º año en los dos momentos de recogida de datos.**



Similaridad = 0,667

**Figura VII – Redes Medias PFNET del 12º año en los dos momentos de recogida de datos.**



*Una aplicación de la Teoría de los Conceptos Nucleares al estudio de la estructura cognitiva de los estudiantes de 9º y 12º años de escolaridad de Portugal sobre el concepto de probabilidad*

En cuanto a la tipología de los conceptos la Tabla VI muestra los conceptos

presentes en estas Redes Medias.

	9º año M1	9º año M2	12º año M1	12º año M2
Azar	Nodo extremidad	Nodo extremidad	Nodo extremidad	Nodo extremidad
Suceso	Nodo extremidad	Nodo extremidad	Nodo extremidad	Nodo extremidad
Casos posibles y favorables	Nodo extremidad	Nodo Polar	Nodo Polar	Concepto Nuclear
Experimento aleatorio	Nodo extremidad	Nodo Polar	Nodo Polar	Nodo Polar
Lanzamiento dados/monedas	Concepto Nuclear	Nodo extremidad	Nodo Polar	Nodo Polar
Ley (o regla) de Laplace	Nodo extremidad	Nodo extremidad	Nodo extremidad	Nodo extremidad
Ley de los Grandes Números	Nodo Polar	Nodo Polar	Nodo extremidad	Nodo extremidad
Probabilidad	Concepto Nuclear	Concepto Nuclear	Concepto Nuclear	Concepto Nuclear
Cociente	Nodo extremidad	Nodo extremidad	Nodo extremidad	Nodo extremidad
Técnicas de recuento de datos	Nodo extremidad	Nodo extremidad	Nodo extremidad	Nodo extremidad
Valor numérico	Nodo Polar	Nodo Polar	Nodo extremidad	Nodo extremidad

**Tabla VI – Tipología de conceptos en las Redes Medias en los dos momentos de recogida de datos y para los dos años de escolaridad.**

Parece evidente que el año de escolaridad más constante en cuanto a la tipología de términos / ideas / ejemplos es el 12º año, ya que de los once conceptos considerados sólo se cambia de tipo del 1º al 2º momento (“casos posibles y favorables”), lo cual es demostrativo de una mayor consolidación de la estructura cognitiva de este grupo de estudiantes.

En cuanto a los estudiantes más jóvenes, ocho de los conceptos conservan su tipología y tres varían en su tipología (“Experimento Aleatorio”, “Casos po-

sibles y favorables “ y “Lanzamiento de dados/monedas “).

Una lectura más transversal, comparando la tipología de los conceptos del 1º momento de recogida de datos en el 9º año, con 2º momento de recogida de datos, en el 12º año de escolaridad constatamos que:

- Los conceptos “Azar”, “suceso”, “Ley (o regla) de Laplace”, “Cociente” y “Técnicas de recuento de datos” se mantienen, en estos años escolares, como “Nodos Extremidad”, es decir,

que no están adecuadamente consolidados en la estructura cognitiva.

- La noción de “probabilidad” es el único concepto que se mantiene, en estos mismos años y momentos, como Concepto Nuclear, es decir, que asume relevancia en la estructura cognitiva.
- El concepto “Experimento Aleatorio”, que inicialmente era un “Nodo Extremidad”, pasa a ser un “Nodo Polar”.
- Tanto el concepto “valor numérico”, como la “Ley de los Grandes Números” disminuyen su importancia cognitiva al pasar de “Nodo Polar” a “Nodo Extremidad”.
- La importancia del ejemplo “Lanzamiento de dados/monedas” se ve disminuida al pasar de Concepto Nuclear” (9º año- 1º Momento) a “Nodo Extremidad” (12º año-2.º Momento).
- Al contrario, la importancia cognitiva de “Casos Posibles y favorables” se incrementa, al pasar de “Nodo Extremidad”, en 9º año-1º Momento), a “Concepto Nuclear” en el 12º año- 2º Momento).

En general, estos resultados nos permiten constatar que hay conceptos que se mantienen en el tiempo poco consolidados en la estructura cognitiva de los alumnos, en lo que se refiere a esta temática matemática específica (“Azar” y “suceso”) y a las cuestiones relacionadas con los procedimientos y algoritmos probabilísticos (“Ley (o regla) de Laplace”, “Técnicas de recuento de datos” y “Cociente”). Hubo un aumento, de 9º a 12º año, de la importancia cognitiva de “Casos posibles y favorables”, aspecto que parece estar asociado con el uso / dificultad del cálculo combinatorio para determinar estas cantidades.

Además de ello, y como ya pudimos observar en los datos presentados en la Tabla V anterior, mientras los estudiantes avanzan en su aprendizaje, el índice de complejidad de las redes PFNET se mantiene con valores estadísticamente semejantes.

## 5. CONCLUSIONES

Durante este estudio, y en los dos momentos de recogida de datos, se obtuvieron un total de 669 representaciones de las estructuras cognitivas de los estudiantes (1º Momento 344 y 2º Momento 325), a través de las Redes Asociativas Pathfinder en torno al concepto de probabilidad.

A partir de las Redes Medias PFNET obtenidas en los dos momentos de recogida de datos, se puede observar que, en el grupo de los estudiantes más jóvenes, emerge un Concepto Nuclear -”Probabilidad”-, alrededor del que orbitan los términos “suceso”, “lanzamiento de dados/ monedas”, “Experimento aleatorio”, “Ley de los Grandes Números” y “Casos posibles y favorables”, “ todos ellos asociados al lenguaje específico de este tema matemático. El ejemplo “Lanzamiento de dados/monedas” pierde importancia, pasando de Concepto Nuclear, del 1º Momento, a “Nodo Extremidad”, en el 2º Momento de la recogida de datos. Constatamos la existencia de una “cola” formada por la “Ley de los Grandes Números”, “ Valor numérico “ y “ Cociente”. Diametralmente opuestos como “Nodos Extremidad” en esta disposición, “Azar” y “ Cociente”, constituyendo estos últimos los conceptos menos consolidado en la estructura cognitiva de los estudiantes en torno a la probabilidad. Es curioso ob-

servar que, en 9º año la débil relación que existe entre la probabilidad y sus aspectos medibles, dados por “Cociente “ y “Valor numérico” .

También los términos “Azar” y “Cociente “ están muy separados, en Redes Medias PFNET de los alumnos del 12º año de Escolaridad y en los dos momentos de la recogida de datos. Sus Redes se centran mucho en el concepto Nuclear de “Probabilidad”, a pesar de que, en el 2º Momento de la recogida de datos, el término “Casos posibles y favorables” aumenta su relevancia en estas representaciones de las estructuras cognitivas. Por esta razón pasa a Concepto Nuclear, aspecto que, a nuestro juicio, tiene que ver con el reconocimiento de la importancia de que los alumnos atribuyen a la utilización del Cálculo Combinatorio para determinar estas cantidades. En este nivel de enseñanza es recurrente encontrar la existencia de una “cola”, ahora formado por “lanzamiento de dados/ monedas”, “Experimento aleatorio” y “Azar”, que parece natural, ya que tenemos un ejemplo de un experimento aleatorio y , por lo tanto , está relacionado con el azar. La imprevisibilidad asociada a este tema matemático, se expresa a través del término “Azar” del “Experimento aleatorio”, que no aparecen muy próximos a “Probabilidad”.

A pesar del aumento en el grado de dificultad de los contenidos probabilísticos desde el 9º año al 12º año, no hay diferencias estadísticamente significativas en el índice de complejidad de las redes, tanto en los años de escolaridad como en los dos momentos de toma de datos, lo que

demuestra numéricamente la inexistencia de un aumento de la complejidad de las redes PFNET. Este hecho evidencia que en el año escolar en el que los estudiantes profundizan en el tema de la Probabilidad la respectiva estructura cognitiva no se hace más compleja, privilegiando las relaciones existentes / consolidadas en años escolares anteriores.

A pesar de que no conocemos estudios de aplicación específica de esta Teoría al caso de las Probabilidades, sin embargo, algunas de estas conclusiones están patentes en investigaciones aplicadas a otros temas matemáticos. Podemos encontrar, en Casas (2002), Antunes (2011) y Catarreira (2013), la constatación de la existencia de un número reducido de Conceptos Nucleares presentes en la estructura cognitiva y en lo que los estudiantes centran sus conocimientos. En las investigaciones de estos mismos autores, también se señala que no hubo aumento del Índice de complejidad de las PFNET, así como la existencia de enlaces que se mantienen a lo largo del tiempo y la constatación de la relevancia de la Metodología de las Redes PFNET en el proceso de enseñanza- aprendizaje.

Al posibilitar la identificación de los conceptos más significativos y las relaciones más relevantes en la estructura cognitiva de los alumnos, estamos convencidos de que la Teoría de los Conceptos Nucleares constituye una buena herramienta didáctica para la organización de la práctica docente y un marco pedagógico rico y fecundo, que debe ser tenido en consideración en la Enseñanza y el Aprendizaje de la Probabilidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALEXANDER, D. y BUENO, F. Técnicas Monte Carlo para la enseñanza de la estadística. En CONTRERAS, J.; CAÑADAS, G.; GEA, M. y ARTEAGA, P. (Eds.), *Actas de las Jornadas Virtuales en Didáctica de la Estadística, Probabilidad y Combinatoria*. Granada: Departamento de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Granada, 2013, p. 579-586.
- ALMEIDA, C. O contributo das Redes Associativas Pathfinder à avaliação das aprendizagens em Matemática: Aplicação aos exames de Matemática da 1.ª chamada do 9.º ano de escolaridade do Ensino Básico português. Badajoz: Universidad de Extremadura, 2011. Trabajo Final de Master.
- ALMEIDA, C.; CASAS, L. y LUENGO, R. A organização conceptual dos estudantes, dada através das Redes Associativas Pathfinder, do conceito de Probabilidade: Um estudo com alunos do 9.º ano de Escolaridade do Ensino Básico Português. En CONTRERAS, J.; CAÑADAS, G.; GEA, M. y ARTEAGA, P. (Eds.), *Actas de las Jornadas Virtuales en Didáctica de la Estadística, Probabilidad y Combinatoria*. Granada: Departamento de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Granada, 2013, p. 83-90.
- ALMEIDA, C. Estudo da estrutura cognitiva dos alunos dos 9.º e 12.º anos sobre o conceito de Probabilidade: o contributo das Teorias dos Conceitos Nucleares e dos Conceitos Threshold. Badajoz: Universidad de Extremadura, 2014. Tesis Doctoral.
- ANASAGASTI, A. y BERCIANO, A. Prueba exploratoria sobre competencias de futuros maestros de Primaria: Conocimiento del bloque relativo al tratamiento de la información, azar y probabilidad, en el currículo escolar de Matemáticas. En CONTRERAS, J.; CAÑADAS, G.; GEA, M. y ARTEAGA, P. (Eds.), *Actas de las Jornadas Virtuales en Didáctica de la Estadística, Probabilidad y Combinatoria*. Granada: Departamento de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Granada, 2013, p. 531-538.
- ANTUNES, A. Estructura Cognitiva y Conceptos Nucleares en la Enseñanza/Aprendizaje de la Trigonometría: Estudio Comparativo Realizado con Alumnos del 10.º al 12.º Año de Enseñanza Secundaria a través de la Aplicación de Diferentes Metodologías. Badajoz: Universidad de Extremadura, 2010. Tesis Doctoral.
- ARIAS, J. Evaluación de la Calidad de Cursos Virtuales: Indicadores de Calidad y Construcción de un Cuestionario de Medida. Aplicación al Ámbito de Asignaturas de Ingeniería Telemática. Badajoz: Universidad de Extremadura, 2008. Tesis Doctoral.
- AZCÁRATE, P. *Estudio de las concepciones disciplinares de futuros profesores de primaria en torno a las nociones de la aleatoriedad y probabilidad*. Granada: Editorial Comares, 1996.
- AZCÁRATE, P. y SERRADÓ, A. Tendencias didácticas en los libros de texto de matemáticas para la ESO. *Revista de Educación*, 340, 2006, p. 341-378.
- BATANERO, C. Ideas estocásticas fundamentales ¿Qué Contenidos se Debe Enseñar en la Clase de Probabilidad?. In FERNANDES, J.; SOUSA, M. y RIBEIRO, S. (Orgs.), *Ensino e aprendizagem de probabilidades e estatística – Atas do I Encontro de Pro-*

*Una aplicación de la Teoría de los Conceptos Nucleares al estudio de la estructura cognitiva de los estudiantes de 9º y 12º años de escolaridad de Portugal sobre el concepto de probabilidad*

- babilidades e Estatística na Escola*. Braga: Centro de Investigação em Educação da Universidade do Minho, 2004, p. 9-30.
- BATANERO, C.; DÍAZ GODINO, J. y ROA, R. Training teachers to teach probability. *Journal of Statistics Educacion*, 2004, 12 (1).
- BATANERO, C. Significados de la probabilidad en la educación secundaria. *Relime - Revista Latinoamericana de Investigación en Educación en Matemática Educativa*, 2005, 8(3), p. 247-263.
- BATANERO, C.; HENRY, M. y PARZYSZ, B. The nature of chance and probability. In JONES, G. (Ed.), *Exploring probability in school: Challenges for teaching and learning*. Nova Iorque: Springer, 2005, p. 15-37.
- BATANERO, C. y DÍAZ, C. Probabilidad, grado de creencia y proceso de aprendizaje. Ponencia Invitada en las *XIII Jornadas Nacionales de Enseñanza y Aprendizaje de las Matemáticas*. Granada: Espanha, 2007.
- BATANERO, C. Retos para la formación Estadística de los Profesores. *Actas do II Encontro de Probabilidades e Estatística na Escola*. Braga: Centro de Investigação em Educação, 2009.
- BATANERO, C.; RUIZ, B. y ARTEAGA, P. Comparación de distribuciones: Una actividad sencilla para los futuros profesores?. *Actas do II Encontro de Probabilidades e Estatística na Escola*. Braga: Centro de Investigação em Educação, 2009.
- CALDEIRA, S. A estatística e as probabilidades no ensino secundário: Análise dos programas de Matemática A e B na perspectiva do professor e dos alunos. Lisboa: Universidade de Lisboa, 2009. Tese de Mestrado.
- CARVALHO, J. Estudio de las posibilidades de aplicación a la enseñanza de la Matemática del entorno PMatE: Validación y aportaciones en 1.º ciclo de Enseñanza Básica de Portugal. Badajoz: Universidade de Extremadura, 2011. Tese de Doutoramento.
- CASAS, L. El Estudio de la Estructura Cognitiva de Alumnos a Través de Redes Asociativas Pathfinder. Aplicaciones y Posibilidades en Geometría. Badajoz: Universidad de Extremadura, 2002. Tesis Doctoral.
- CASAS, L. y LUENGO, R. Redes Asociativas Pathfinder y Teoría de los Conceptos Nucleares. Aportaciones à la Investigación em Didáctica de las Matemáticas. En CASTRO, E.; FLORES, P.; ORTEGA, T.; RICO, L. y VALLECINOS, A. (Eds) - *Investigación en Educación Matemática. VII Simposio de la Sociedade Española de Investigación em Educación Matemática (SEIEM)*. Granada: Universidad de Granada, 2003, p. 179-188.
- CASAS, L. y LUENGO, R. Representación del Conocimiento y Aprendizaje. Teoría de los Conceptos Nucleares. *Revista Española de Pedagogía (R.E.P.)*, 2004, Año LXII, 227, p. 59-84.
- CASAS, L. y LUENGO, R. Conceptos Nucleares en la Construcción del Concepto de Ángulo. *Enseñanza de las Ciencias*, 2005, 23(2), p. 201-216.
- CASAS, L.; LUENGO, R. y GODINHO, V. Software GOLUCA: Knowledge Representation in Mental Calculation. *US-China Education Review*, 2011, 4, p. 592-600.

- CATARREIRA, S. A introdução das ideias da Teoria dos Conceitos Nucleares no ensino da Geometria e as suas implicações. Badajoz: Universidad de Extremadura, 2013. Tesis Doctoral.
- CLARIANA, R. Deriving Individual and Group Knowledge Structure from Network Diagrams and from Essays. En IFENTHALER, D. et al. (Eds.), *Computer-Based Diagnostics and Systematic Analysis of Knowledge*, 2010.
- CLARIANA, R.; DRAPER, D. y LAND, S. An automated measure of group knowledge structure convergence. Apresentação na *Annual Meeting of the Association for Educational Communications and Technology*. Jacksonville: EUA, 2011.
- CLARIANA, R.; ENGELMANN, T. y YU, W. Using centrality of concept maps as a measure of problem space states in computer-supported collaborative problem solving. *Education Tech Research*, 2013, 61, p. 423–442.
- DÍAZ GODINO, J. Diseño y análisis de tareas para el desarrollo del conocimiento didáctico matemático de profesores. En CONTRERAS, J.; CAÑADAS, G.; GEA, M. y ARTEAGA, P. (Eds.), *Actas de las Jornadas Virtuales en Didáctica de la Estadística, Probabilidad y Combinatoria*. Granada: Departamento de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Granada, 2013, p. 1-16.
- FERNANDES, J. Intuições e aprendizagem de probabilidades: Uma Proposta de Ensino de Probabilidades no 9º Ano de Escolaridade. Braga: Universidade do Minho, 1999. Tese de Doutoramento.
- GAL, I. Towards “probability literacy” for all citizens: building blocks and instructional dilemmas. En JONES, G. (Ed.), *Exploring probability in school: Challenges for teaching and learning*, 2005, p. 39-43.
- GODINHO, V. Implementação do software GOLUCA e aplicação à modificação de redes conceptuais. Badajoz: Universidad de Extremadura, 2007. Trabalho Final de DEA.
- GRAÇA MARTINS, M. y PONTE, J. *Organização e tratamentos de dados*. Lisboa: Ministério da Educação – DGIDC, 2010.
- GROBSCHEDL, J. y HARMS, U. Assessing conceptual knowledge using similarity judgments. *Studies in Educational Evaluation*, 2013, 39, p. 71–81.
- KUDIKYALA, U. y VAUGHN, R. Software requirement understanding using Pathfinder networks: discovering and evaluating mental models. *The Journal of Systems and Software*, 2005, 74, p. 101–108.
- LOPES, J. Uma Proposta Didático-Pedagógica para o Estudo da Concepção Clássica de Probabilidade. *Bolema*, 2011, 24(39), p. 607-628.
- LOPES, J. Una propuesta para la enseñanza del teorema de Bayes a través de un juego de dados y de resolución de problemas. En CONTRERAS, J.; CAÑADAS, G.; GEA, M. y ARTEAGA, P. (Eds.), *Actas de las Jornadas Virtuales en Didáctica de la Estadística, Probabilidad y Combinatoria*. Granada: Departamento de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Granada, 2013, p. 601-608.
- LUENGO, R.; CASAS, L.; MENDOZA, M. y ARIAS, J. Possibilities of “Nuclear Concepts Theory” on Educational Research, a Review. *International Conference “The future of Education”*, 2011, 16 - 17 June. Florence: Italia.

*Una aplicación de la Teoría de los Conceptos Nucleares al estudio de la estructura cognitiva de los estudiantes de 9º y 12º años de escolaridad de Portugal sobre el concepto de probabilidad*

- LUENGO, R. La Teoría de los Conceptos Nucleares y su aplicación en la investigación en Didáctica de las Matemáticas. *UNIÓN - Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 2013, 34, p. 9-36.
- MAANAN, M. Evaluación del conocimiento de los futuros profesores de educación primaria sobre Probabilidad. Granada: Universidad de Granada, 2012. Tesis Doctoral.
- MERCADO, M. Exploración de conceptos de probabilidad con Geogebra. En CONTRERAS, J.; CAÑADAS, G.; GEA, M. y ARTEAGA, P. (Eds.), *Actas de las Jornadas Virtuales en Didáctica de la Estadística, Probabilidad y Combinatoria*. Granada: Departamento de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Granada, 2013, p. 309-318.
- MILLÁN, E. Razonamiento Combinatorio y el currículo español. En CONTRERAS, J.; CAÑADAS, G.; GEA, M. y ARTEAGA, P. (Eds.), *Actas de las Jornadas Virtuales en Didáctica de la Estadística, Probabilidad y Combinatoria*. Granada: Departamento de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Granada, 2013, p. 539-545.
- PRATT, D. How do teachers foster students' understanding of probability? In G. A. Jones (Ed.), *Exploring probability in school: Challenges for teaching and learning*, 2005, p. 345-366. New York: Springer.
- SÁNCHEZ, E. y VALDEZ, J. La cuantificación del azar: una articulación de las definiciones subjetiva, frecuencial y clásica de probabilidad. En CONTRERAS, J.; CAÑADAS, G.; GEA, M. y ARTEAGA, P. (Eds.), *Actas de las Jornadas Virtuales en Didáctica de la Estadística, Probabilidad y Combinatoria*. Granada: Departamento de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Granada, 2013, p. 39-45.
- SARWAR, G. Comparing the Effect of Reflections, Written Exercises, and Multimedia Instruction to Address Learners' Misconceptions using Structural Assessment of Knowledge. Canada: Ottawa, 2012. Tese de Doutorado.
- SCHVANEVELDT, R.; DEARHOLT, D. y DURSO, F. *Pathfinder: Scaling with network structures* (Memorandum in Compute and Cognitive Science, M CCS.85-9). Las Cruces, NM: Computing Research Laboratory, New Mexico State University, 1985.
- SCHVANEVELDT, R.; DEARHOLT, D. & DURSO, F. Graph Theoretic Foundations of Pathfinder Networks. *Computer Mathematics Applications*, 1988, 15(4), p. 337-345.

