



UNIVERSIDAD DE MURCIA

FACULTAD DE MEDICINA

**Método de Respuesta Interactiva Inteligente
con Redes Neuronales para Enseñanza
Individualizada en Anatomía Humana en
Alumnos Universitarios de Ciencias de la Salud**

D^a Laura López González

2017

UNIVERSIDAD DE MURCIA



FACULTAD DE MEDICINA DEPARTAMENTO DE ANATOMÍA HUMANA Y EMBRIOLOGÍA

Método de Respuesta Interactiva Inteligente con Redes Neuronales para Enseñanza Individualizada en Anatomía Humana en Alumnos Universitarios de Ciencias de la Salud

Directores:

-Dra. Ofelia González Sequeros.

Profesora Titular del Departamento de Anatomía Humana y Psicobiología de la Universidad de Murcia.

-Dr. José Luis Fernández Alemán.

Profesor Titular del Departamento Informática y Sistemas de la Universidad de Murcia.

Doctorando:

Dña. Laura López González

Licenciada en Odontología

2017



UNIVERSIDAD DE
MURCIA

D^a. OFELIA GONZÁLEZ SEQUEROS, Profesor Titular de Universidad del Área de Anatomía Humana en el Departamento de ANATOMIA HUMANA Y PSICOBIOLOGÍA, AUTORIZA:

La presentación de la Tesis Doctoral titulada "MÉTODO DE RESPUESTA INTERACTIVA INTELIGENTE CON REDES NEURONALES PARA ENSEÑANZA INDIVIDUALIZADA EN ANATOMÍA HUMANA EN ALUMNOS UNIVERSITARIOS DE CIENCIAS DE LA SALUD", realizada por D. LAURA LÓPEZ GONZÁLEZ, bajo mi inmediata dirección y supervisión, y que presenta para la obtención del grado de Doctor por la Universidad de Murcia.

En Murcia, a 18 de Mayo de 2017



UNIVERSIDAD DE
MURCIA

D. José Luis Fernández Alemán, Profesor Titular de Universidad del Área de Lenguajes y Sistemas Informáticos en el Departamento de Informática y sistemas, AUTORIZA:

La presentación de la Tesis Doctoral titulada "Método de Respuesta Interactiva Inteligente con Redes Neuronales para Enseñanza Individualizada en Anatomía Humana en Alumnos Universitarios de Ciencias de la Salud ", realizada por D^a. Laura López González, bajo mi inmediata dirección y supervisión, y que presenta para la obtención del grado de Doctor por la Universidad de Murcia.

En Murcia, a 17 de mayo de 2017

A mis padres a los que adoro y todo les debo. Soy lo que soy gracias a ellos. Me han apoyado incondicionalmente a lo largo de mi vida, a costa incluso de su propio sacrificio, dándome todo. Soy una gran afortunada por tenerlos.

A mi Ángel "de la guarda", del que me siento muy orgullosa y que desde que comparte su vida conmigo me protege y demuestra amor incondicional todos los días, ayudándome a cumplir todos mis sueños, pidiendo poco a cambio. Además de haberme dado lo mejor de mi vida y de compartir conmigo los momentos más felices de nuestras vidas.

A mi pequeño Adrián Ángel por ser la luz que ilumina todos mis días, siendo solo su presencia el mayor regalo que nadie puede recibir. Es tan inmenso lo que siento y te quiero que no tengo palabras para describirte todo el amor que tengo para ti. Y gracias cariño por ser tan bueno y haber dejado que mamá trabaje día y noche conformándote con poquito, eres especial. Te quiero mi vida.

A mis sobrinos Rocío, Adrián y Raquel a los que adoro sin medida y que derrochan amor y cariño ilimitado. Además de sentirme inmensamente orgullosa de ellos por ser las increíbles personas que son.

El comienzo de un nuevo proyecto siempre lo he aceptado con ganas e ilusión y el trabajo de mi tesis doctoral fue aún más excitante. Desagradadamente no conseguí llegar a buen puerto en mi primer intento, sin embargo, la oportunidad que me ofrecieron con este proyecto no solo me ha llevado a lograr mi gran objetivo sino que me ha formado como persona y profesional. La gran cantidad de conocimientos adquiridos a lo largo de este trabajo y los grandes profesionales de la enseñanza que me han guiado han conseguido que a día de hoy esté preparada para mayores retos.

Deseo profundamente agradecer el apoyo recibido de mis dos directores de tesis, que de forma incondicional no han escatimado ni un solo segundo de su propio tiempo para dármelo a mí.

A Ofelia González Sequeros a la que adoro y que es sin duda alguna uno de los docentes más excepcionales que he conocido. Además, le debo agradecer tanto que no sé por dónde empezar.... Gracias por ser la mejor profesora que he conocido jamás, gracias por haberme enseñado tanto y tan bien, que hasta ha hecho que haya aparecido mi vocación como profesor, gracias por darme esta oportunidad a pesar de todo, gracias por apoyarme y estar conmigo en todo momento, gracias por dedicarme tanto tiempo de tu vida de manera incondicional aunque no pudieras, gracias por estar horas y horas trabajando con mi tesis, gracias por todo y por supuesto gracias por ser como eres. Si hubiera más personas como tú, humanas, alegres, trabajadoras, accesibles, involucradas, cariñosas, incondicionales y amigas, el mundo sería un lugar maravilloso. Eres mi modelo a seguir.

A José Luis Fernández Alemán al que conocí por primera vez al comenzar mi tesis y del que después de todo este tiempo solo puedo decir que es una de las mejores personas que he podido conocer. A él le debo muchísimo y me ha preparado para superar nuevos retos de investigación, algo que me encanta. He de remarcar que su dedicación, apoyo y ayuda ha superado cualquier expectativa que nadie pueda imaginar dedicándome todo el tiempo necesario, aunque fuera de día o de noche, en fin de semana o festivo, creo que esto no se puede superar. Además, los conocimientos que me ha tratado de transmitir han sido siempre excelentes y tremendamente útiles. Por último, he de decir que José Luis también es una de esas personas maravillosas que hacen que el mundo sea un poquito mejor, humano, amable, trabajador, accesible, incondicional y amigo.

Y no puedo olvidar a Juan José López Jiménez, diseñador de la aplicación, al que tanto trabajo y quebraderos de cabeza le hemos dado, con mejoras para su aplicación, estando siempre dispuesto a ayudarnos sin reticencias. Eres un profesional y una bellísima persona. Gracias Juanjo por tu inagotable paciencia.

Por último, quiero señalar que para la realización de mi tesis doctoral he tenido que hacer un gran esfuerzo, y a pesar de que tengo claro que no habrá otra, el final de este trabajo tiene un matiz algo agri dulce ya que supone por un lado una inmensa alegría y satisfacción, mientras que por otro lado, supone también que el componente humano, que he tenido la suerte de tener, con Ofelia y José Luis finaliza igualmente y eso es lo más triste.

Las vidas de las personas se unen y se separan continuamente y cada uno debe seguir su camino, pero quiero que quede claro que mi camino ha quedado muy marcado por estas dos personas maravillosas que me han permitido acompañarles un poquito en su caminar y han compartido conmigo su mundo.

¡MUCHISIMAS GRACIAS POR TODO!

Parte de los resultados preliminares extraídos de la investigación de esta tesis doctoral fueron publicados en revistas científicas, presentados como comunicación oral en congresos y presentado como proyecto de innovación educativa en la Universidad de Murcia.

Publicaciones en revistas científicas:

1. Fernández-Alemán JL, López-González L, González-Sequeros O, Jayne C, López-Jiménez JJ, Toval A. The evaluation of i-SIDRA - a tool for intelligent feedback - in a course on the anatomy of the locomotor system. International Journal of Medical Informatics Inform. 2016 Oct; 94:172-81. doi: 10.1016/j.ijmedinf.2016.07.008. Epub 2016 Jul 14.
2. Fernández-Alemán JL, López-González L, González-Sequeros O, Jayne C, López-Jiménez JJ, Carrillo-de-Gea JM, Toval A. An Empirical Study of Neural Network-Based Audience Response Technology in a Human Anatomy Course for Pharmacy Students. J Med Syst. 2016 Apr;40(4):85. doi: 10.1007/s10916-016-0440-6. Epub 2016 Jan 27.

Comunicaciones orales:

1. González-Sequeros O, López-González L, López-Jiménez JJ y Fernández-Alemán JL. Aprendiendo anatomía con redes neuronales. XXVII Congreso de la Sociedad Anatómica Española. Oviedo, 2 y 4 de septiembre de 2015.
2. González-Sequeros O, López-González L, López-Jiménez JJ y Fernández-Alemán JL. Efectividad del sistema de respuesta de audiencia y redes neuronales en el aprendizaje de la anatomía. XXII SEDEM Sociedad Española de Educación Médica. III Reunión Hispano-Lusa de Educación Médica. Madrid, 28-30 de octubre de 2015.

Proyecto de Innovación Educativa:

Autores:

González-Sequeros O, López-González L, López-Jiménez JJ y
Fernández-Alemán JL.

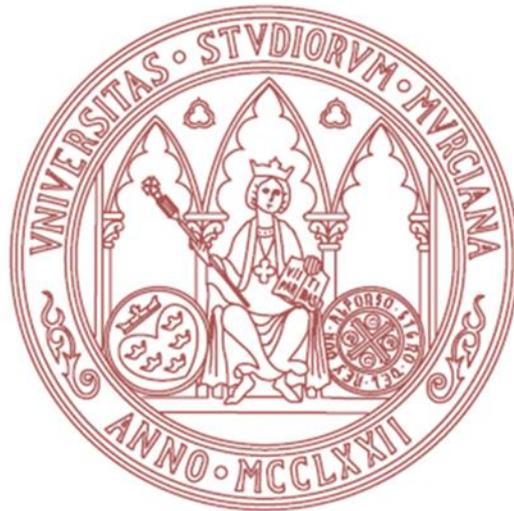
Título de proyecto:

Validación de un sistema de respuesta a distancia móvil (SIDRA) basado
en redes neuronales para fomentar el autoaprendizaje del estudiante.

Convocatoria:

Convocatoria para promover experiencias de innovación educativa en el
Aula Virtual de la Universidad de Murcia para el curso 2013-2014.

Universidad de Murcia.



RESUMEN/SUMMARY

RESUMEN

Introducción

Tras el Proceso de Bolonia se han producido reformas en las metodologías docentes y en la estructura de las enseñanzas en las que el profesor no sólo debe evaluar al final del proceso de aprendizaje, sino que a lo largo del curso debe proponer actividades de carácter evaluable con cierta periodicidad, que faciliten la asimilación y el desarrollo progresivos de los contenidos de la materia.

Los instrumentos de apoyo a la docencia basados en Tecnologías de la Información y la Comunicación, como el Sistema On-line de Respuesta Interactiva Inteligente con Redes Neuronales (en nuestro caso i-SIDRA) junto a un Sistema de Respuesta de Audiencia, se proponen en este estudio como procedimiento innovador para facilitar el proceso de aprendizaje activo del alumno.

Objetivos

Los objetivos del presente estudio empírico pretenden analizar en estudiantes de Ciencias de la Salud, los rendimientos dentro de la herramienta formativa i-SIDRA, que incluye retroalimentación diagnóstica para el aprendizaje guiado, y los rendimientos académicos obtenidos tras el uso de i-SIDRA más un SRA (SIDRA) durante el curso.

Métodos

Se realizaron dos experimentos en la asignatura de Anatomía Humana, uno con estudiantes de Medicina y otro con estudiantes de Farmacia. El experimento de Medicina se dividió en un grupo experimental, con 90 alumnos, que utilizaron i-SIDRA más un SRA con SIDRA a distancia, y un grupo control de 110 estudiantes que recibieron enseñanza tradicional. Otro grupo adicional de 96 alumnos se empleó para el entrenamiento de la Red Neural de i-SIDRA.

El experimento de Farmacia se dividió igualmente en un grupo experimental, con 89 alumnos que realizaron las pruebas presencialmente, y

un grupo control de 45 estudiantes. Además de emplear un grupo adicional de 52 alumnos para el entrenamiento de la Red Neural de i-SIDRA.

En ambos experimentos se realizaron cuatro pruebas con i-SIDRA y posteriormente con el SRA de SIDRA a lo largo del curso.

Resultados:

Se observó en ambos experimentos un aumento estadísticamente significativo ($p=0,000$ y $P<0,001$) del número de respuestas correctas entre el primer y último envío de cada prueba.

La correlación entre la puntuación final con i-SIDRA y la puntuación del examen final fue baja 0,31 (en Medicina) y media (0,58 en Farmacia) ambas estadísticamente significativas.

Se encontró correlación estadísticamente significativa baja (0,3) y media (0,47) en el Grado de Farmacia entre la puntuación de SIDRA y la puntuación del examen final, mientras que el Grado de Medicina hubo solo una correlación fuerte (0,85).

En ambos experimentos la tasa de rendimiento y la tasa de éxito fueron mayores para los estudiantes del grupo experimental, además de encontrarse diferencias estadísticamente significativas ($p = 0,010$ y $p < 0,001$) en las calificaciones de los exámenes finales a favor del grupo experimental

El tamaño de efecto global en el meta-análisis realizado fue de 0,71, a favor de los rendimiento académicos de los alumnos que usan i-SIDRA más un SRA con SIDRA.

Conclusiones:

El uso de i-SIDRA más un SRA con SIDRA aumenta el aprendizaje cognitivo de los alumnos de ambos experimentos y permite observar el comportamiento de los estudiantes, mediante los diagramas de estado de conocimiento, facilitando a los instructores el seguimiento de su progreso e

identificando lo que aún necesitan aprender, garantizando una formación individualizada.

Además de mejorar el rendimiento académico en el examen final de la asignatura de Anatomía, los estudiantes de ambos grados se mostraron satisfechos con el uso de la herramienta.

Tras este estudio recomendamos el uso de i-SIDRA más un SRA con SIDRA como recurso de formación en Ciencias de la Salud en cualquiera de sus modalidades a distancia o presencial, aunque se ha observado mejores resultados en las pruebas presenciales.

SUMMARY

Introduction

After the introduction of the Bologna Process there have been changes in teaching methodologies and in teaching structure. Teachers should not only assess knowledge assimilation at the end of the learning process, they must propose assessable activities that facilitate the progressive assimilation and development of Anatomy knowledge throughout the length of the course.

The teaching support tools based on Information and Communication Technologies, such as on-line Intelligent Interactive Response System with Neural Networks (in this study, i-SIDRA) with Audience Response Systems (Using SIDRA), are proposed as an innovative method to facilitate the learning process of students.

Objectives

The purpose of the present empirical study is to analyse performance in Health Sciences students when using the formative tools SIDRA and i-SIDRA which includes intelligent diagnostic feedback for guided learning.

Methods

We have performed two experiments during an Anatomy course with Medical and Pharmacy students. Medical students were divided into two groups. The experimental group, formed by 90 students, used i-SIDRA and ARS of SIDRA remotely and the control group, formed by 110 students, received traditional teaching. Another group with 96 students was created for training the neural network included in i-SIDRA.

Pharmacy students were divided too. The experimental group, formed by 44 students, used i-SIDRA and ARS of SIDRA during presential sessions, and control group, formed by 45 students, received traditional teaching. An additional group formed by 52 students was created for training the neural network included on i-SIDRA.

During the course, four test of i-SIDRA and SRA of SIDRA were performed in both experiments (Medicine and Pharmacy).

Results

The effectiveness of i-SIDRA feedback was studied in both experiments thus noting an increase in the number of correct answers, which was statistically significant ($p=0,000$ y $p< 0,001$).

A statistically significant low correlation (0,31) between final score during i-SIDRA test and final exam score was obtained in the medicine degree and a statistically significant medium correlation (0,58) was calculated in pharmacy degree.

A statistically significant low (0,3) and a medium (0,47) correlation between the final score using SIDRA test and the final exam score was obtained in three of four test in the pharmacy degree. A statistically high correlation (0,85) was calculated in one of four test in medicine degree.

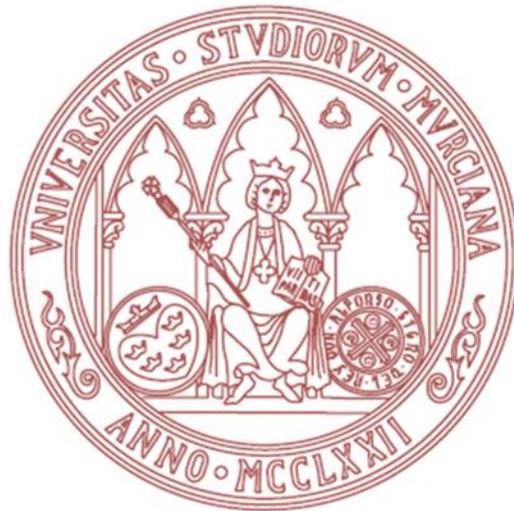
Better Performance rate and success rate were achieved for the experimental group, with both experiments showing statistically significant differences ($p=0,010$ y $p< 0,001$) between performance in the final exam grades of experimental and control group students.

A meta-analysis shown a global effect size of 0,71 in support of experimental group.

Conclusions

The use of i-SIDRA and SRA of SIDRA improved cognitive learning of students involved in both experiments, thus allowing instructors to observe students' behaviour through knowledge state diagrams. Students' progress can be analysed to identify what they still need to learn, in order to ensure appropriate and individualized learning. In addition, the tool improves performance in both grades and student satisfaction with i-SIDRA and SRA of SIDRA.

Finally, we recommend the use of i-SIDRA and SRA of SIDRA in Health Sciences in every form (remote or on-site), although there is better control in on-site mode.



ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	Aprendizaje electrónico (e-learning y b-learning)	8
1.2.	Red neuronal artificial (RNA o artificial neural networks, ANN).....	13
1.2.1.	Historia de la red neuronal	15
1.2.2.	Fundamentos básicos de las redes neuronales.....	16
1.2.3.	Fases de formación de una red neuronal artificial	18
1.2.3.1.	Fase de creación y desarrollo.....	18
1.2.3.2.	Fase de entrenamiento y aprendizaje.....	18
1.2.3.3.	Fase de validación o test.....	19
1.2.4.	Características, ventajas e inconvenientes de la red neuronal artificial	19
1.2.4.1.	Ventajas.....	20
1.2.4.2.	Inconvenientes.....	21
1.2.5.	Red Neuronal del Sistema On-line de Respuesta Interactiva Inteligente con Redes Neuronales (SORIIR).....	21
1.3.	Sistema de Respuesta de Audiencia (SRA)	22
1.3.1.	Historia del Sistema de Respuesta de Audiencia (SRA).....	23
1.3.2.	Funcionamiento básico del SRA	25
1.3.3.	Ventajas e inconvenientes de los SRA	26
1.3.3.1.	Ventajas.....	26
1.3.3.2.	Desventajas	28
1.4.	Retroalimentación o feedback.....	30
1.4.1.	Atributos de calidad de la retroalimentación	31
1.4.2.	Feedback en el sistema SORIIR.....	32

1.4.3.	Feedback del sistema de respuesta de audiencia	34
1.5.	SIDRA (Sistema de Respuesta a Distancia móvil).....	35
1.6.	Actualización de los SORIIR y SRA en Ciencias de las Salud.....	36
1.6.1.	El Sistema On-line de Respuesta Interactiva Inteligente con Redes Neuronales (SORIIR)	36
1.6.2.	Sistemas de Respuesta de Audiencia (SRA).....	38
1.6.2.1.	Estudios sin resultados favorables sobre el aprendizaje	38
1.6.2.2.	Estudios con resultados controvertidos sobre el aprendizaje	39
1.6.2.3.	Estudios con resultados favorables sobre el aprendizaje y su uso.....	40
1.6.2.4.	Estudios sobre aprendizaje a largo y medio plazo.....	42
1.6.2.5.	Limitaciones en los estudios	43
1.6.2.6.	Meta-análisis de estudios con SRA en Ciencias de la Salud.....	44
2.	JUSTIFICACIÓN HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	47
2.1.	Justificación del trabajo.....	49
2.2.	Hipótesis de trabajo para ambos experimentos	51
2.3.	Objetivos	52
3.	MATERIAL Y MÉTODO	55
3.1.	Población de estudio	57
3.1.1.	Descripción de la población en el Grado de Medicina	57
3.1.1.1.	Grupo de entrenamiento de la red neuronal	58
3.1.1.2.	Grupo experimental	58
3.1.1.3.	Grupo control.....	59
3.1.2.	Descripción de la población en el Grado de Farmacia.....	60
3.1.2.1.	Grupo de entrenamiento de la red neuronal	60

3.1.2.2. Grupo experimental	61
3.1.2.3. Grupo control	62
3.2. Material	63
3.2.1. Componentes del sistema SIDRA.....	63
3.2.2. Material necesario para utilizar SIDRA e i-SIDRA	64
3.3. Descripción del uso de SIDRA e i-SIDRA	65
3.3.1. Acceso general al sistema	65
3.3.2. Uso del modo SRA con SIDRA.....	66
3.3.3. Uso de SIDRA en modo i-SIDRA.....	68
3.4. Método.....	75
3.4.1. Descripción del diseño de los experimentos	75
3.4.2. Fase preparatoria de la materia del Grado de Medicina y Farmacia	77
3.4.2.1. Materia del Grado de Medicina.....	77
3.4.2.2. Materia del Grado de Farmacia	77
3.4.3. Fase de preparación del sistema i-SIDRA: Entrenamiento de la red y feedback.	78
3.4.3.1. Entrenamiento de la red	78
3.4.3.2. Elaboración del feedback	79
3.4.4. Fase de realización de la actividad con i-SIDRA	82
3.4.4.1. i-SIDRA en el Grado de Medicina.....	84
3.4.4.2. i-SIDRA en el Grado de Farmacia	85
3.4.5. Fase de preparación y realización del SRA con SIDRA	86
3.4.5.1. SRA con SIDRA en el Grado de Medicina.....	87

3.4.5.2. SRA con SIDRA en el Grado de Farmacia	88
3.4.6. Fase de realización del examen final en ambos experimento.....	88
3.4.7. Fase de obtención de resultados en ambos experimentos.....	89
3.4.8. Encuesta de satisfacción y percepción en ambos experimentos	90
3.5. Métodos de análisis	92
3.5.1. Métodos estadísticos generales.....	92
3.5.2. Indicadores de rendimiento académico	93
4. RESULTADOS.....	95
4.1. Resultados del Grado de Medicina	97
4.1.1. Análisis descriptivo de las características de la actividad de los estudiantes en el sistema i-SIDRA	97
4.1.2. Análisis de los tiempos y envíos al sistema i-SIDRA	101
4.1.2.1. Análisis descriptivo del tiempo total y tiempo medio empleado y envíos realizados	101
4.1.2.2. Análisis de correlación entre número de envíos con respecto a la puntuación del último envío y el tiempo empleado por estudiante y la puntuación del último envío	104
4.1.3. Análisis del número de respuestas correctas al test entre el primer y último envío (efectividad del feedback).....	105
4.1.3.1. Análisis descriptivo de la efectividad del feedback	105
4.1.3.2. Análisis comparativo entre las puntuaciones del primer y del último envío de las pruebas i-SIDRA.....	110
4.1.3.3. Análisis de correlación entre las medias de las diferencias de puntuación entre el último y el primer envío de las cuatro pruebas de i-SIDRA y las calificaciones del examen final	110
4.1.3.4. Análisis de correlación entre la puntuación media del último envío de i-SIDRA y la calificación del examen final.....	111

4.1.4.	Análisis de los diagramas de estado de conocimiento.....	112
4.1.5.	Análisis del SRA con SIDRA.....	118
4.1.5.1.	Análisis comparativo de la puntuación del SRA con SIDRA y la puntuación del último envío en la prueba de i-SIDRA.....	118
4.1.5.2.	Análisis de correlaciones entre las puntuaciones obtenidas en el SRA con SIDRA y las calificación del examen final	120
4.1.6.	Análisis de los resultados del grupo control y experimental en el examen final	120
4.1.6.1.	Indicador de rendimiento de la asignatura	121
4.1.6.2.	Indicador de éxito de la asignatura	121
4.1.6.3.	Razón de probabilidad (odds ratio, OR) según los alumnos del grupo control (i-SIDRA) frente al grupo experimental para el evento de aprobar el examen final.....	121
4.1.6.4.	Análisis descriptivo de los resultados del grupo experimental y control en el examen final.....	122
4.1.6.5.	Análisis comparativo de los resultados del examen final entre el grupo experimental y el grupo control.....	122
4.1.7.	Encuesta de satisfacción	123
4.2.	Resultados del Grado de Farmacia.....	126
4.2.1.	Análisis descriptivo de las características de la actividad de los estudiantes en el sistema i-SIDRA	126
4.2.2.	Análisis de los tiempos y envíos al sistema i-SIDRA	129
4.2.2.1.	Análisis descriptivo del tiempo total, tiempo medio empleado y número de envíos realizados.....	129
4.2.2.2.	Análisis de correlación entre número de envíos con respecto a la puntuación del último envío y el tiempo empleado por estudiante y la puntuación del último envío	133
4.2.3.	Análisis del número de respuestas correctas entre el primer y último envío (efectividad del feedback)	134

4.2.3.1. Análisis descriptivo de la efectividad del feedback	134
4.2.3.2. Análisis comparativo entre las puntuaciones del primer y del último envío de las pruebas i-SIDRA.....	139
4.2.3.3. Análisis de correlación entre la media de las diferencias de puntuación entre el último y el primer envío de las cuatro pruebas de i-SIDRA y las calificaciones del examen final	140
4.2.3.4. Análisis de correlación entre la puntuación media del último envío de i-SIDRA y la calificación del examen final.....	141
4.2.4. Análisis de los diagramas de estado de conocimiento.....	142
4.2.5. Análisis del SRA con SIDRA.....	147
4.2.5.1. Análisis comparativo de la puntuación del SRA con SIDRA y la puntuación de último envío en la prueba de i-SIDRA	147
4.2.5.2. Análisis de Correlaciones entre las puntuaciones obtenidas en el SRA con i-SIDRA y las calificaciones del examen final	148
4.2.6. Análisis de los resultados del grupo control y experimental en el examen final	148
4.2.6.1. Indicador de rendimiento de la asignatura.....	149
4.2.6.2. Indicador de éxito de la asignatura	149
4.2.6.3. Razón de probabilidad (odds ratio, OR) según los alumnos del grupo control (i-SIDRA) frente al grupo experimental para el evento de aprobar el examen final.....	149
4.2.6.4. Análisis descriptivo de los resultados del grupo experimental y control en el examen final.....	150
4.2.6.5. Análisis comparativo de los resultados del examen final entre el grupo experimental y grupo control.....	150
4.3. Resultados del meta-análisis con los experimentos de Medicina y Farmacia.....	153
5. DISCUSIÓN	155
5.1. Discusión en el Grado de Medicina	157

5.1.1. Actividad del estudiante durante el desarrollo de las pruebas con i-SIDRA.....	157
5.1.2. Tiempos y envíos realizados por el alumno al sistema i-SIDRA	160
5.1.2.1. Tiempo total, tiempo medio empleado y número de envíos realizados	160
5.1.2.2. Correlación entre número de envíos con respecto a la puntuación final de la prueba y el tiempo empleado por estudiante con respecto a la puntuación final de la prueba en i-SIDRA.....	162
5.1.3. Efectividad del feedback	163
5.1.3.1. Número de respuestas correctas al test entre el primer y último envío de las pruebas i-SIDRA.....	163
5.1.3.2. Comparación del número de respuestas correctas del primer y el último envío de las pruebas i-SIDRA	166
5.1.3.3. Correlación entre las medias de la diferencia entre las puntuaciones obtenidas en i-SIDRA y las calificaciones del examen final del grupo experimental.....	166
5.1.4. Diagramas de los estados de conocimiento.....	167
5.1.5. Análisis del SRA con SIDRA.....	173
5.1.5.1. Comparación de las puntuaciones entre SRA con SIDRA e i-SIDRA.....	173
5.1.5.2. Correlación entre SRA con SIDRA y examen final	175
5.1.6. Comparación de los grupos control y experimental	176
5.2. Discusión en el Grado de Farmacia.....	178
5.2.1. Actividad del estudiante durante el desarrollo de las pruebas con i-SIDRA.....	178
5.2.2. Tiempos y envíos realizados por el alumno al sistema i-SIDRA	179
5.2.2.1. Tiempo total, tiempo medio empleado y número de envíos realizados	179

5.2.2.2. Correlación entre número de envíos con respecto a la puntuación final de la prueba y el tiempo empleado por estudiante con respecto a la puntuación final de la prueba en i-SIDRA.....	181
5.2.3. Efectividad del feedback	182
5.2.3.1. Número de respuestas correctas al test entre el primer y último envío de las pruebas i-SIDRA	182
5.2.3.2. Comparación del número de respuestas correctas del primer y último envío de las pruebas i-SIDRA	184
5.2.3.3. Correlación entre la media de las diferencias de la puntuación entre el último y el primer envío de las cuatro pruebas de i-SIDRA y las calificaciones del examen final del grupo experimental	185
5.2.3.4. Correlación entre la puntuación obtenida en el último envío de i-SIDRA con las calificaciones del examen final del grupo experimental	185
5.2.4. Diagramas de los estado de conocimiento del grupo experimental de las pruebas i-SIDRA.....	186
5.2.5. Análisis del SRA con SIDRA.....	188
5.2.5.1. Comparación de las puntuaciones entre SRA con SIDRA e i-SIDRA.....	189
5.2.5.2. Correlación entre SRA con SIDRA y examen final	190
5.2.6. Comparación de los grupos control y experimental	191
5.3. Discusión general.....	194
5.3.1. Encuesta de satisfacción	194
5.3.2. Diferencias y similitudes en el uso de i-SIDRA más un SRA con SIDRA: módulo a distancia en el Grado de Medicina y módulo presencial en el Grado de Farmacia.....	196
5.3.2.1. Similitudes en ambos experimentos	196
5.3.2.2. Diferencias entre ambos experimentos	198

5.3.3.	Meta-análisis de los experimentos en el Grado de Medicina y en el Grado de Farmacia.....	199
5.3.4.	Limitaciones.....	200
5.3.5.	Futuros estudios.....	203
5.4.	Recomendaciones.....	204
6.	CONCLUSIONES.....	205
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	209



FIGURAS TABLAS Y GRÁFICOS

FIGURAS

FIGURA 1.1. ANALOGÍA ENTRE A) UNA NEURONA BIOLÓGICA Y B) UNA NEURONA ARTIFICIAL.	14
FIGURA 1.2. MODELO DE NEURONA ARTIFICIAL ESTÁNDAR.	17
FIGURA 1.3. ESTRUCTURA JERÁRQUICA DE UN SISTEMA BASADO EN UN SISTEMA DE REDES NEURONALES.	18
FIGURA 3.1. FLUJO DE PARTICIPANTES EN EL EXPERIMENTO DEL GRADO DE MEDICINA.	59
FIGURA 3.2. FLUJO DE PARTICIPANTES EN EL EXPERIMENTO DEL GRADO DE FARMACIA.	62
FIGURA 3.3. DIAGRAMA DE ESTADOS DE CONOCIMIENTO GENERAL O COLECTIVO DE UNA PRUEBA.	72
FIGURA 3.4. DIAGRAMAS DE ESTADOS DE CONOCIMIENTO CON REPRESENTACIÓN GLOBAL E INDIVIDUAL, CREADO POR LA APLICACIÓN I-SIDRA.	74
FIGURA 3.5. ESQUEMA DEL ESTUDIO. ENSAYOS, PRUEBAS Y EXÁMENES REALIZADOS EN LOS EXPERIMENTOS DE LOS GRADOS DE MEDICINA Y FARMACIA.	75
FIGURA 3.6. FEEDBACK ATÓMICOS DE LA TERCERA PRUEBA DEL GRADO DE MEDICINA (VISIÓN PROFESOR).	80
FIGURA 3.7. FEEDBACK DIAGNÓSTICO OBTENIDO PARA EL ESTADO DE CONOCIMIENTO 7 DE LA SEGUNDA PRUEBA DEL GRADO FARMACIA (VISIÓN ALUMNO).	81
FIGURA 3.8. REPRESENTACIÓN DE LAS RESPUESTAS DE LOS ALUMNOS EN LA PRUEBA SRA CON SIDRA, INCLUYENDO LOS PORCENTAJES DE RESPUESTA POR OPCIÓN, SU REPRESENTACIÓN GRÁFICA Y LA RESPUESTA CORRECTA.	87
FIGURA 3.9. ESQUEMA GENERAL DEL PROCESO DE LA REALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO.	90
FIGURA 3.10. CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN DE LA SATISFACCIÓN CON LA EXPERIENCIA DEL USO DE I-SIDRA MÁS UN SRA CON SIDRA.	91
FIGURA 4.1. DIAGRAMA DE DISPERSIÓN DE LAS VARIABLES CALIFICACIÓN DEL EXAMEN FINAL Y MEDIA DE LAS DIFERENCIAS DE LA PUNTUACIÓN ENTRE EL	

PRIMER Y EL ÚLTIMO ENVÍO DE LAS CUATRO PRUEBAS, AJUSTADOS EN BASE A LA REGRESIÓN LINEAL.	111
FIGURA 4.2. DIAGRAMA DE DISPERSIÓN LA VARIABLE PUNTUACIÓN MEDIA DEL ÚLTIMO ENVÍO, Y DE LA VARIABLE CALIFICACIÓN DEL EXAMEN FINAL, AJUSTADOS EN BASE A LA REGRESIÓN LINEAL.	112
FIGURA 4.3. DIAGRAMA DE ESTADOS DE CONOCIMIENTO DEL GRUPO EXPERIMENTAL DEL GRADO DE MEDICINA EN LA 1ª PRUEBA DE I-SIDRA.	113
FIGURA 4.4. DIAGRAMA DE ESTADOS DE CONOCIMIENTO DEL GRUPO EXPERIMENTAL DEL GRADO DE MEDICINA EN LA 2ª PRUEBA DE I-SIDRA.	114
FIGURA 4.5 DIAGRAMA DE ESTADOS DE CONOCIMIENTO DEL GRUPO EXPERIMENTAL DEL GRADO DE MEDICINA EN LA 3ª PRUEBA DE I-SIDRA.	116
FIGURA 4.6 DIAGRAMA DE ESTADOS DE CONOCIMIENTO DE MODO GLOBAL REALIZADOS POR LOS ALUMNOS DEL GRADO DE MEDICINA EN LA 4ª PRUEBA DE I-SIDRA.	117
FIGURA 4.7. DIAGRAMA DE DISPERSIÓN DE LAS VARIABLES CALIFICACIÓN DEL EXAMEN FINAL Y MEDIA DE LAS DIFERENCIAS DE LA PUNTUACIÓN ENTRE EL PRIMER Y EL ÚLTIMO ENVÍO DE LAS CUATRO PRUEBAS, AJUSTADOS EN BASE A LA REGRESIÓN LINEAL.	140
FIGURA 4.8. DIAGRAMA DE DISPERSIÓN CORRESPONDIENTES DE LA VARIABLES PUNTUACIÓN DEL ÚLTIMO ENVÍO Y CALIFICACIÓN DEL EXAMEN FINAL, AJUSTADOS EN BASE A LA REGRESIÓN LINEAL.	141
FIGURA 4.9. DIAGRAMA DE ESTADOS DE CONOCIMIENTO DE MODO GLOBAL REALIZADOS POR LOS ALUMNOS DEL GRADO DE FARMACIA EN LA 1ª PRUEBA DE I-SIDRA.	142
FIGURA 4.10. DIAGRAMA DE ESTADOS DE CONOCIMIENTO DE MODO GLOBAL REALIZADOS POR LOS ALUMNOS DEL GRADO DE FARMACIA EN LA 2ª PRUEBA DE I-SIDRA.	144
FIGURA 4.11. DIAGRAMA DE ESTADOS DE CONOCIMIENTO DEL GRUPO EXPERIMENTAL DEL GRADO DE FARMACIA EN LA 3ª PRUEBA DE I-SIDRA.	145
FIGURA 4.12. DIAGRAMA DE ESTADOS DE CONOCIMIENTO DE MODO GLOBAL REALIZADOS POR LOS ALUMNOS DEL GRADO DE FARMACIA EN LA 4ª PRUEBA DE I-SIDRA.	146
FIGURA 4.13. DIAGRAMA DE EFECTOS MOSTRANDO EL META-ANÁLISIS DE LOS EXPERIMENTOS QUE ANALIZAN EL RENDIMIENTO ACADÉMICO DE LOS ALUMNOS AL UTILIZAR I-SIDRA.	154

TABLAS

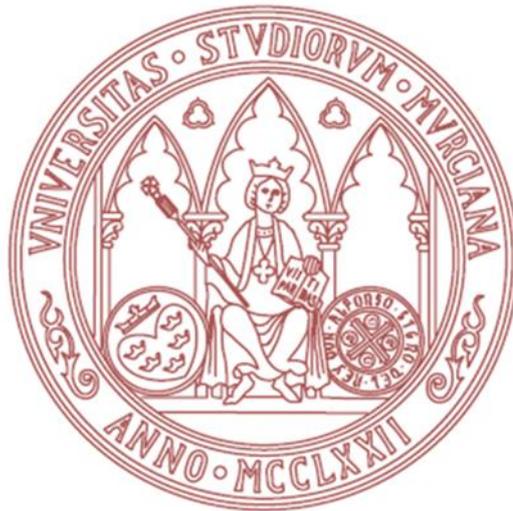
TABLA 3.1 PATRONES DE ENTRADA CODIFICADOS Y CLASIFICADOS EN DOS GRUPOS G1 Y G2.....	68
TABLA 3.2. GRUPOS O ESTADOS DE CONOCIMIENTO GENERADOS EN FUNCIÓN DE LAS RESPUESTAS AL CUESTIONARIO EN LA SEGUNDA PRUEBA (GRADO DE FARMACIA).	79
TABLA 4.1 NÚMERO DE ALUMNOS PARTICIPANTES EN LAS CUATRO PRUEBAS DE I-SIDRA.....	97
TABLA 4.2. NÚMERO DE ALUMNOS QUE LLEGAN AL ESTADO DE CONOCIMIENTO PERFECTO EN EL PRIMER ENVÍO O POSTERIORMENTE.....	98
TABLA 4.3. TIEMPO TOTAL POR PRUEBA Y NÚMERO DE ENVÍOS AL SISTEMA.	101
TABLA 4.4 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE TIEMPOS Y NÚMERO DE ENVÍOS.	101
TABLA 4.5. NÚMERO DE ESTUDIANTES QUE ALCANZARON EL ESTADO DE CONOCIMIENTO PERFECTO EN FUNCIÓN DEL TIEMPO MEDIO EMPLEADO.	103
TABLA 4.6. COEFICIENTES CORRELACIÓN ENTRE NÚMERO DE ENVÍOS Y PUNTUACIÓN DEL ÚLTIMO ENVÍO.....	104
TABLA 4.7. COEFICIENTES CORRELACIÓN ENTRE TIEMPO EMPLEADO POR ESTUDIANTE Y PUNTUACIÓN FINAL DEL ÚLTIMO ENVÍO.	105
TABLA 4.8. NÚMERO DE ALUMNOS QUE MEJORAN, NO VARÍAN O EMPEORAN EL NÚMERO DE RESPUESTAS CORRECTAS OBTENIDAS ENTRE EL ÚLTIMO Y EL PRIMER ENVÍO.	106
TABLA 4.9. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE PUNTUACIONES MEDIAS OBTENIDAS EN EL PRIMER Y ÚLTIMO ENVÍO EN CADA PRUEBA Y SU DIFERENCIA O VARIACIÓN. ..	106
TABLA 4.10. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PUNTUACIÓN ENTRE PRIMER Y EL ÚLTIMO ENVÍO EN LAS CUATRO PRUEBAS.....	110
TABLA 4.11. CORRELACIÓN ENTRE LAS CALIFICACIONES DEL EXAMEN FINAL Y LA MEDIA DE LAS DIFERENCIAS DE PUNTUACIÓN ENTRE EL ÚLTIMO Y EL PRIMER ENVÍO DE LAS CUATRO PRUEBAS.	111
TABLA 4.12 COEFICIENTE DE CORRELACIÓN ENTRE PUNTUACIÓN MEDIA DEL ÚLTIMO ENVÍO Y CALIFICACIÓN DEL EXAMEN FINAL.	112

TABLA 4.13. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LA PUNTUACIÓN DEL ÚLTIMO ENVÍO DE I-SIDRA Y LA PUNTUACIÓN DEL SRA CON SIDRA.	119
TABLA 4.14 COEFICIENTES CORRELACIÓN ENTRE LAS PUNTUACIONES DEL SRA CON SIDRA Y LAS CALIFICACIONES DEL EXAMEN FINAL EN CADA UNA DE LAS PRUEBAS.	120
TABLA 4.15 RAZÓN DE PROBABILIDAD (OR) PARA EL EVENTO APROBAR EL EXAMEN FINAL AL UTILIZAR I-SIDRA MÁS SRA DE SIDRA.	122
TABLA 4.16. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LOS RESULTADOS DEL EXAMEN FINAL...	122
TABLA 4.17. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LA CALIFICACIÓN DEL GRUPO CONTROL Y DEL GRUPO EXPERIMENTAL.	122
TABLA 4.18. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LA ENCUESTA DE SATISFACCIÓN SOBRE EL SISTEMA I-SIDRA MÁS UN SRA DE SIDRA.	123
TABLA 4.19. NÚMERO DE ALUMNOS PARTICIPANTES EN LAS CUATRO PRUEBAS DE I-SIDRA.	126
TABLA 4.20. NÚMERO DE ALUMNOS QUE LLEGAN AL ESTADO DE CONOCIMIENTO PERFECTO EN EL PRIMER ENVÍO O POSTERIORMENTE. "N": NÚMERO DE ESTUDIANTES.	127
TABLA 4.21. TIEMPO TOTAL POR PRUEBA Y NÚMERO DE ENVÍOS AL SISTEMA.	130
TABLA 4.22. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE TIEMPOS Y NÚMERO DE ENVÍOS.	130
TABLA 4.23. NÚMERO DE ESTUDIANTES QUE ALCANZARON EL ESTADO DE CONOCIMIENTO PERFECTO EN FUNCIÓN DEL TIEMPO MEDIO EMPLEADO.	132
TABLA 4.24. COEFICIENTES CORRELACIÓN ENTRE NÚMERO DE ENVÍOS Y PUNTUACIÓN DEL ÚLTIMO ENVÍO.	134
TABLA 4.25. COEFICIENTES CORRELACIÓN ENTRE TIEMPO EMPLEADO POR ESTUDIANTE Y PUNTUACIÓN FINAL DEL ÚLTIMO ENVÍO.	134
TABLA 4.26. NÚMERO DE ALUMNOS QUE MEJORAN, NO VARÍAN O EMPEORAN EL NÚMERO DE RESPUESTAS CORRECTAS OBTENIDAS ENTRE EL ÚLTIMO Y EL PRIMER ENVÍO.	135
TABLA 4.27. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE PUNTUACIONES MEDIAS OBTENIDAS EN EL PRIMER Y ÚLTIMO ENVÍO EN CADA PRUEBA Y SU DIFERENCIA O VARIACIÓN. ..	135
TABLA 4.28. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PUNTUACIÓN ENTRE PRIMER Y EL ÚLTIMO ENVÍO EN LAS CUATRO PRUEBAS.	139

TABLA 4.29. CORRELACIÓN ENTRE LA CALIFICACIÓN DEL EXAMEN FINAL Y LA MEDIA DE LAS DIFERENCIAS DE PUNTUACIÓN ENTRE EL ÚLTIMO Y EL PRIMER ENVÍO DE LAS CUATRO PRUEBAS.	140
TABLA 4.30. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN ENTRE PUNTUACIÓN MEDIA DEL ÚLTIMO ENVÍO Y CALIFICACIÓN DEL EXAMEN FINAL.	141
TABLA 4.31. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LA PUNTUACIÓN DEL ÚLTIMO ENVÍO DE I-SIDRA Y LA PUNTUACIÓN DEL SRA CON SIDRA.	147
TABLA 4.32. COEFICIENTES CORRELACIÓN ENTRE LAS PUNTUACIONES DEL SRA CON SIDRA Y LAS CALIFICACIONES DEL EXAMEN FINAL EN CADA UNA DE LAS PRUEBAS.	148
TABLA 4.33. RAZÓN DE PROBABILIDAD (OR) PARA EL EVENTO APROBAR EL EXAMEN FINAL AL UTILIZAR I-SIDRA MÁS SRA DE SIDRA.	150
TABLA 4.34. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LOS RESULTADOS DEL EXAMEN FINAL...	150
TABLA 4.35. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LA CALIFICACIÓN DEL GRUPO CONTROL Y DEL GRUPO EXPERIMENTAL.	151
TABLA 4.36. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LA ENCUESTA DE SATISFACCIÓN SOBRE EL SISTEMA I-SIDRA MÁS UN SRA DE SIDRA.	152

GRÁFICOS

GRÁFICO 4.1. PORCENTAJE DE ALUMNOS QUE PARTICIPAN EN LAS PRUEBAS EN FUNCIÓN DE QUE ALCANCEN AL ESTADO DE CONOCIMIENTO PERFECTO O NO. ..	100
GRÁFICO 4.2. PORCENTAJE DE ALUMNOS QUE LLEGAN AL ESTADO DE CONOCIMIENTO PERFECTO EN EL PRIMER ENVÍO O POSTERIORMENTE.....	100
GRÁFICO 4.3. PORCENTAJE DE ESTUDIANTES QUE ALCANZARON EL ESTADO DE CONOCIMIENTO PERFECTO EN FUNCIÓN DEL TIEMPO MEDIO EMPLEADO.	104
GRÁFICO 4.4. PORCENTAJE DEL INCREMENTO DE LAS CALIFICACIONES MEDIAS ENTRE EL ÚLTIMO Y EL PRIMER ENVÍO DE CADA PRUEBA.	106
GRÁFICO 4.5. PORCENTAJE DE ALUMNOS QUE MEJORAN, NO VARÍAN O EMPEORAN EL NÚMERO DE RESPUESTAS CORRECTAS OBTENIDAS ENTRE EL ÚLTIMO Y EL PRIMER ENVÍO.....	109
GRÁFICO 4.6. VALORACIÓN DE LOS ALUMNOS SOBRE EL SISTEMA I-SIDRA MÁS UN SRA DE SIDRA, RECOGIDAS EN LA ENCUESTA DE SATISFACCIÓN.....	124
GRÁFICO 4.7. PORCENTAJE DE ALUMNOS QUE PARTICIPAN EN LAS PRUEBAS EN FUNCIÓN DE QUE ALCANCEN AL ESTADO DE CONOCIMIENTO PERFECTO O NO. ..	128
GRÁFICO 4.8. PORCENTAJE DE ALUMNOS QUE LLEGAN AL ESTADO DE CONOCIMIENTO PERFECTO EN EL PRIMER ENVÍO O POSTERIORMENTE.....	128
GRÁFICO 4.9. PORCENTAJE DE ESTUDIANTES QUE ALCANZARON EL ESTADO DE CONOCIMIENTO PERFECTO EN FUNCIÓN DEL TIEMPO MEDIO EMPLEADO.	133
GRÁFICO 4.10 PORCENTAJE DEL INCREMENTO DE LAS CALIFICACIONES MEDIAS ENTRE EL ÚLTIMO Y EL PRIMER ENVÍO EN CADA PRUEBA.	135
GRÁFICO 4.11. PORCENTAJE DE ALUMNOS QUE MEJORAN, NO VARÍAN O EMPEORAN EL NÚMERO DE RESPUESTAS CORRECTAS OBTENIDAS ENTRE EL ÚLTIMO Y EL PRIMER ENVÍO.....	138
GRÁFICO 4.12. VALORACIÓN DE LOS ALUMNOS SOBRE EL SISTEMA I-SIDRA MÁS UN SRA DE SIDRA, RECOGIDAS EN LA ENCUESTA DE SATISFACCIÓN.....	152



1. INTRODUCCIÓN

En España, el denominado proceso de Bolonia que deriva en la construcción del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), se ve asociado a un gran número de cambios en la enseñanza universitaria española. Entre ellos, se han realizado reformas en las metodologías docentes, en la estructura de las enseñanzas, en los procesos de aprendizaje, en la calidad del proceso, además de promover la movilidad de estudiantes y profesores (1). Por otro lado, el mayor cambio se encuentra en la tarea de la adquisición de competencias por parte del alumno, aunque siempre será el docente el responsable del asesoramiento, orientación y guía del alumno en la adquisición del conocimiento y alcance de las competencias exigidas. Los objetivos formulados en Bolonia, constituyen el eje sobre el que se sustenta el nuevo paradigma educativo en la educación superior (2).

Para todo ello se necesita un nuevo tipo de profesor, más dinamizador, que deberá conocer tanto nuevas metodologías de aprendizaje (método del caso o aprendizaje basado en problemas por ejemplo) como saber diseñar actividades originales para los alumnos (trabajos y prácticas individuales, pruebas escritas, exposiciones orales o realización de trabajos en grupo por ejemplo) o incluso fomentar los debates en clase.

Hay que tener en cuenta que el profesor no sólo debe evaluar al final del proceso de aprendizaje la asimilación de conocimientos y el desarrollo de competencias por parte de los estudiantes, como se ha venido haciendo hasta ahora, sino que a lo largo del curso, debe proponer actividades de carácter evaluable con cierta periodicidad, que faciliten la asimilación y el desarrollo progresivos de los contenidos de la materia y de las competencias que deben alcanzarse (3) Este nuevo formato de la educación supone una tarea personal constante para el alumno pero también para el profesor y hace necesaria una evaluación continua que garantice una formación progresiva e ininterrumpida de los estudiantes. El profesor por tanto se ve obligado continuamente a dirigir, evaluar, orientar y, en definitiva, a formar (1). De esta forma, la evaluación se convierte en continua o progresiva, y el profesor puede realizar un mayor y mejor seguimiento del progreso en el aprendizaje del estudiante, ya que permite una valoración integral (3).

En este entorno del proceso de enseñanza y aprendizaje resulta muy atractivo el empleo de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), que representan el conjunto de tecnologías que permiten que información presentada como texto, imágenes, etc. sea accesible. Además, debido a su carácter flexible y abierto, aportan ciertas funciones interesantes para el desarrollo del aprendizaje del alumno en un medio controlado y seguro, como son la facilidad de acceso e intercambio de información, la creación de entornos simulados, la realización de ejercicios, la evaluación de conocimientos y habilidades o la tutorización entre otros (4).

El EEES conlleva una necesidad de establecer en el ámbito de la enseñanza, nuevas metodologías docentes, que deben sustituir a la enseñanza tradicional basada en la importancia de las clases magistrales impartidas por el profesorado que dejan al alumno en una posición principalmente inactiva. Este tipo de enseñanza de poco nivel estimulador lleva asociada una elevada carga de monotonía, que sin duda es un aspecto que reduce la atención del alumno en clase. Existen estudios que indican que la atención disminuye rápidamente en la mayoría de los estudiantes, en cuestión de minutos o decenas de minutos (5).

El número habitualmente elevado de alumnos en las aulas universitarias, supone una dificultad añadida para este nuevo sistema que se basa en una enseñanza práctica, en la que el alumno interviene de forma activa y que propone la evaluación continua para su trabajo personal, lo que conlleva para el profesor una tarea ardua y compleja. Para solventar este tipo de problemas, se puede utilizar un enfoque del aprendizaje activo que involucre dinámicamente al alumno y favorezca su aprendizaje y para ello existen herramientas como las TIC en las que los tutores se pueden apoyar a la hora de realizar su labor, y que ofrecen oportunidades de desarrollar actividades más activas y creativas (6).

Los enfoques del aprendizaje activo implican dinámicamente al alumno en el cumplimiento de los seis dominios de aprendizaje propuestos por Bloom (7): conocimiento, comprensión, aplicación, análisis, síntesis y evaluación. Bonwell y Eison (8) fueron los primeros en escribir sobre los principios de

aprendizaje para la educación superior, afirmando que las estrategias activas de aprendizaje ayudan en la retención a largo plazo del material del curso y son más eficaces que las clases tradicionales en el desarrollo de las habilidades de pensamiento de orden superior. Esto es especialmente importante en Ciencias de la Salud, y concretamente, en Medicina o Farmacia, donde el pensamiento crítico y la aplicación del material teórico en el entorno clínico es primordial. Las estrategias activas de aprendizaje pueden incluir, entre otros, juegos de rol, discusión, reflexión, simulación o aprendizaje en grupo que se puede llevar a cabo utilizando las TIC (9). Además, uno de los medios más beneficiosos del aprendizaje activo es el colaborativo, que puede lograrse promoviendo la formación de pequeños grupos entre los estudiantes para trabajar sobre un tema (10). Estudios recientes exponen que alrededor del 87% de todos los centros universitarios de Farmacia de los Estados Unidos (US) utilizan técnicas de aprendizaje activas (11).

No se puede olvidar que actualmente, los alumnos de estudios avanzados o universitarios, tienen una especial predilección por el uso de las nuevas tecnologías aplicadas. Esto viene de la mano del hecho de que las últimas generaciones de estudiantes conviven con un elevado grado tecnológico en su vida cotidiana, por lo que la alfabetización digital, la interactividad y la inmediatez son parte habitual de su medio. Por lo tanto, el uso de la tecnología se está haciendo cada vez más presente y se está introduciendo en los cursos universitarios para incrementar la participación de los estudiantes en las aulas (12). Los teléfonos inteligentes o smartphones son una de las tendencias más omnipresentes y dinámicas en la comunicación, pudiéndose utilizar para correo electrónico, búsquedas en Internet o para aplicaciones específicas. Precisamente, gracias a la portabilidad y versatilidad de las aplicaciones, que se adaptan a un número creciente de dispositivos y sistemas operativos, los smartphones se están convirtiendo en una valiosa herramienta, no solo para mejorar el cuidado de la salud (13-16), sino como soporte educacional en las disciplinas médicas (17, 18), por ejemplo, para enseñar soporte vital avanzado.

Los instrumentos de apoyo a la docencia basados en las TIC, pueden facilitar el proceso de transformación e innovación de las metodologías

docentes demandadas en el Espacio Europeo de Educación Superior (19). Dos de estos instrumentos son, un Sistema On-line de Respuesta Interactiva Inteligente con Redes Neuronales (SORIIR) y el Sistema de Respuesta de Audiencia (SRA).

El sistema SORIIR podría describirse como un sistema en línea que analiza de forma inteligente las respuestas de los estudiantes a preguntas de opción múltiple. Este análisis inteligente de datos genera una retroalimentación o feedback de diagnóstico inteligente relativo al contenido de los cuestionarios. El sistema que empleamos en esta tesis utiliza redes neuronales para el análisis inteligente de las respuestas.

Este tipo de sistemas constituyen un enfoque de enseñanza relativamente nuevo, que se ha aplicado hasta la fecha en pocas disciplinas, como programación informática (20), enfermería (21, 22) o aprendizaje de idiomas (23). En este modelo, las respuestas a preguntas de opción múltiple se analizan automáticamente para entender los comportamientos de aprendizaje de los estudiantes y para diseñar feedback diagnóstico específico que se personaliza para cada estudiante en función de las respuestas que genera. La enseñanza, por tanto, se individualiza en un ambiente cada vez más masificado en las aulas universitarias. Otra ventaja de este sistema es que el análisis de los datos suministrados al profesor le ayuda a entender el comportamiento del alumno respecto al aprendizaje de la materia en cuestión, y a observar su progreso.

En este sistema las respuestas correctas o erróneas no son proporcionadas al alumno en ningún momento del test y por lo tanto no es posible poner en común o debatir las soluciones, como si sucede en los SRA tradicionales.

Los SRA, son herramientas interactivas para plantear preguntas específicas y recoger la información aportada por un auditorio, que cuantifican y procesan las respuestas de manera inmediata, creando y estimulando la interacción entre presentador o profesor y audiencia o alumno (24).

Los SRA se utilizan actualmente y de forma generalizada en muchas instituciones educativas (25, 26) y en las facultades de Ciencias de la Salud (27-32), en particular, en los últimos 5 a 10 años: cardiología clínica (31), Medicina familiar (33), ginecología (34), fisiología (35), bases físicas de la Medicina (29), radiología (36) y la prescripción de medicamentos seguros (32). Además, esta tecnología ha sido empleada en varias experiencias y estudios empíricos con diferentes objetivos: evaluar alumnos (29), comprobar la comprensión en los temas tratados (32), evaluar el conocimiento anterior y posterior de los temas estudiados (37), mantener la atención en clase (34), facilitar la participación en clase y el posterior análisis de los datos recogidos (31), entre otros.

Los SRA suelen emplear habitualmente preguntas de opción múltiple, muy útiles en cuanto a la corrección de manera fiable y objetiva, y que además, permiten a los instructores ofrecer los feedback en un corto periodo de tiempo (38). El hecho de que las preguntas de opción múltiple se puedan utilizar para medir las habilidades complejas y la comprensión de los estudiantes (39) las hacen una herramienta interesante para la validación de los SRA.

Estas características también pueden ser aplicadas a través de los sistemas de enseñanza basada en análisis inteligente que al igual que los SRA utilizan preguntas de opción múltiple. No obstante, para los sistemas de enseñanza basada en análisis inteligente el uso de las preguntas de opción múltiple juega un papel fundamental tanto en la estructuración de la información introducida, como en la elaboración de los feedback que ofrece el sistema a los alumnos y en la valoración de su evolución, de forma que esta organización de la información está diseñada para favorecer el aprendizaje individual del alumno (21, 22).

Ambos sistemas tienen la posibilidad de trabajar tanto de forma independiente como conjunta, de modo que tras concluir de forma individualizada los test del SORIIR, se podría realizar un SRA básico con el fin de proporcionar las soluciones del test a los alumnos. Esto reduciría, la ansiedad que les pudiera generar el no conocer los fallos cometidos en la prueba (22) y por otro lado, fomentaría el debate de los temas expuestos,

enriqueciendo la formación, tras el estudio y reflexión individual en profundidad de las cuestiones propuestas.

Esta explicación inmediata, asociada a estas respuestas, es posiblemente la parte más interesante del proceso de aprendizaje del alumno ya que no solo le aportan una serie de aclaraciones y correcciones sobre los temas objeto del test (40, 41) sino que de forma habitual esta coyuntura desemboca en debates sobre los temas tratados. Estas discusiones intentan reducir la monotonía en las clases, promueven el aprendizaje activo y colaborativo y estimulan la motivación, la atención y la participación del estudiante, haciéndoles sentir parte integrante e importante del proceso de aprendizaje (35, 41). A la vez, el profesor se puede beneficiar del sistema mejorando su calidad de enseñanza, mediante la autoevaluación de su trabajo didáctico o detectando aquellos temas o conceptos que parecen más complejos para el alumno. La unión de estas metodologías más activas, debería fomentar en los alumnos el estudio, la reflexión de conceptos y el autoaprendizaje (6).

En este trabajo se propone el uso combinado de los dos sistemas de enseñanza, un SORIIR y un SRA, que hasta donde llega nuestro conocimiento no se han empleado conjuntamente hasta la fecha, para valorar el aprendizaje de los alumnos en las asignaturas de Anatomía Humana de dos Grados de Ciencias de la Salud, Medicina y Farmacia, a fin de realizar un seguimiento de su formación y de la evolución de su aprendizaje.

1.1. Aprendizaje electrónico (e-learning y b-learning)

Las TIC giran en torno a tres medios básicos: la informática, la microelectrónica y las telecomunicaciones (42), siendo el ordenador e Internet los elemento más representativo de estas nuevas tecnologías, que han ampliado las posibilidades de acceso a la información, al desarrollo social, económico y académico de cualquier individuo.

También han permitido el desarrollo de nuevas propuestas en el ámbito educativo, ya que facilitan la información para la adquisición de conocimientos y habilidades, promoviendo el desarrollo cognitivo y el aprendizaje de los

alumnos. En este sentido los alumnos son orientados hacia la resolución de cuestiones propuestas, mediante el trabajo individual o colaborativo, de forma que los alumnos adquieren un aprendizaje cognitivo fomentado por los ambientes virtuales que proporcionan estímulos motivadores al alumno.

Además, forman individuos con mayor capacidad autónoma, que serán capaces de asumir nuevos desafíos académicos laborales y profesionales que actualmente exige el mercado laboral.

Una de las herramientas educativas que se sirven de estas tecnologías es el e-learning, que se define básicamente como el aprendizaje por medios electrónicos o como la formación con instrumentos digitales (ordenadores, portátiles, tablets o smartphones) (43). Las ventajas e inconvenientes más significativas del e-learning son (44):

Ventajas:

- Ampliación de la oferta informativa.
- Creación de entornos más flexibles para el aprendizaje.
- Eliminación de las barreras espacio-temporales entre el profesor y los estudiantes.
- Incremento de las modalidades comunicativas.
- Potenciación de los escenarios y entornos interactivos.
- Favorecer tanto el aprendizaje independiente y el autoaprendizaje como el colaborativo y en grupo.
- Romper los clásicos escenarios formativos, limitados a las instituciones escolares.

Inconvenientes:

- Necesidad del acceso y recursos necesarios para el desarrollo de la actividad.
 - Se requiere contar con personal técnico de apoyo.
 - Necesidad de cierta formación para poder utilizar e interactuar en un entorno telemático.
-

- Necesidad de adaptarse a nuevos métodos de aprendizaje. Su utilización requiere que el estudiante y el profesor sepan trabajar con otros métodos diferentes a los usados tradicionalmente.
- Problemas de seguridad y autenticación en la valoración y autoría.
- Las actividades en línea pueden llegar a consumir mucho tiempo.
- Si los materiales no se diseñan de forma específica se puede tender a la creación de una formación memorística.

El principal enfoque del e-learning se centra en la enseñanza a distancia, debido esencialmente a su carácter “on-line” y porque el uso de esta tecnología permite al individuo aprender a en cualquier momento y desde cualquier lugar a través de las aplicaciones existentes en la web. Además, ha supuesto un cambio importante en el papel que desempeñan el alumno y profesor, pasando de la centralización en el docente a orientarse hacia los estudiantes en función de sus intereses, deseos, creencias, capacidad de aprender, metas y habilidades (45).

La posibilidad de distintas formas de interacción entre el alumno y profesor ha permitido la clasificación de proceso de e-learning en dos tipos: e-learning asincrónico y sincrónico (43).

- E-learning asincrónico

Es una modalidad de aprendizaje en la que el tutor y el alumno interactúan en espacios y momentos distintos. Es un sistema a demanda diseñado para el estudio individual del alumno. En él, el contenido del curso se encuentra depositado y el alumno lo utiliza en función de su propia decisión, dándole la total autonomía con un horario libre. En este tipo de e-learning el docente tiene una función de guía o coordinador.

- E-learning sincrónico.

Es una modalidad de aprendizaje en la que el tutor y el alumno se escuchan, se leen y/o se ven en el mismo momento, independientemente de que se encuentren en espacios físicos diferentes. Es un sistema en el que la clase virtual se diseña para que la formación sea dirigida por el profesor en tiempo real, y la interacción

profesor-alumno se realiza en un momento determinado, similar a las clases presenciales.

No obstante, aunque tradicionalmente el e-learning se ha asociado con la educación a distancia (46, 47), la flexibilidad y posibilidades de uso que permite este método han permitido que los recursos educativos disponibles a través de internet se puedan utilizar combinados con clases presenciales. De este modo, podemos identificar tres grandes modelos de utilización de los recursos de Internet, en general, y de las aulas virtuales de forma más específica en la docencia en función del grado de presencialidad o distancia en la interacción entre profesor y alumnado (48):

- a) Modelo de docencia presencial con Internet: el aula virtual como complemento o recurso de apoyo.

En este modelo el aula virtual se convierte en un complemento de la actividad docente tradicional. Es decir, el profesor mantiene los espacios de enseñanza usuales, las actividades y la comunicación habitual.

El aula virtual en este caso es para el profesor un recurso para transmitir información, no siendo habitual plantear tareas o actividades mediante esta vía.

- b) Modelo de docencia semipresencial: el aula virtual como espacio combinado con el aula física o blended learning.

Este modelo denominado también b-learning, docencia mixta o enseñanza semipresencial, se caracteriza por la mezcla entre el proceso de enseñanza tradicional y presencial con un proceso a distancia mediante el uso instrumentos digitales.

En este caso el aula virtual no es un mero recurso complementario a la enseñanza presencial, sino que es un espacio en el que el profesor genera y desarrolla actividades para el aprendizaje de los alumnos: presenta cuestionarios, abre debates, plantea trabajos, entre otros. En este modelo, las formas de trabajo, comunicación,

tutorización y procesos de interacción entre profesor y alumnos tienden a ser novedosas.

El b-learning requiere del docente un esfuerzo en tiempo y tareas para la planificación y desarrollo del proceso formativo, ya que el profesor debe elaborar materiales y actividades para que el estudiante las desarrolle autónomamente fuera del contexto clase tradicional, ya sea mediante la realización de la actividad en el aula física o a nivel virtual (a distancia).

c) Modelo de docencia a distancia: el aula virtual como único espacio educativo.

Este modelo es el que tradicionalmente se conoce como e-learning y representa la modernización de la educación a distancia clásica, pero desarrollada en entornos virtuales. El contacto físico o presencial entre profesor y estudiantes apenas se produce, ya que la mayor parte de las acciones docentes, comunicativas y de evaluación tienen lugar en el marco del aula virtual.

El material o recursos didácticos multimedia toman una especial relevancia al ser la principal guía en el proceso de aprendizaje de los estudiantes, sin olvidar que la interacción comunicativa dentro del aula virtual es también un factor clave y sustantivo para el éxito del estudiante.

Tanto el e-learning como el blended learning son modelos de aprendizaje que permiten al estudiante desarrollar habilidades importantes que requeridas para desempeñar correctamente su futuro profesional (49):

- Conocer como buscar y hallar información relevante en internet.
 - Establecer criterios para la valoración de la información.
 - Saber aplicar información hallada en la elaboración de nuevos documentos y en situaciones reales.
 - Tomar decisiones en base a informaciones contrastadas.
 - Saber trabajar en equipo compartiendo y elaborando información.
 - Tomar decisiones en grupo.
-

Hay que tener en cuenta que el alumno cuya única función es escuchar al profesor no tiende a desarrollar esas competencias, o lo que es lo mismo, un modelo de enseñanza tradicional no favorece el desarrollo de esas competencias en el estudiante, mientras que el modelo de enseñanza semipresencial si las fomenta, e incluso, cada alumno puede crear su propio estilo de aprendizaje.

Las innovaciones en las tecnologías de e-learning han producido una revolución en la educación marcada sobre todo por el cambio de rol del profesor como facilitador del aprendizaje (50). Y aunque el e-learning ha venido para quedarse, se aboga por la necesidad de proporcionar entornos de e-learning pedagógicamente eficaces, que tengan en cuenta las teorías de aprendizaje (51-54) y que sobre todo faciliten la construcción del conocimiento por parte del aprendiz (55, 56). Las teorías de aprendizaje proporcionan factores o variables que influyen en el proceso de aprendizaje basado en fundamentos empíricos.

Los SORIIR y los SRA constituyen entornos de e-learning donde se ponen en juego todos estos aspectos educativos, y que debieran ser tenidos en cuenta para organizar sistemas de enseñanza-aprendizaje donde se prioriza la comunicación entre docentes y discentes.

1.2. Red neuronal artificial (RNA o artificial neural networks, ANN)

El cerebro humano es una estructura con una actividad extraordinaria capaz de realizar un número de tareas insólitas, por lo que es uno de los sistemas más complejo que conoce el ser humano. Pero mientras que los ordenadores pueden superar la capacidad humana en ciertos ámbitos como la realización de tareas rutinarias de cálculo a una velocidad impensable para el hombre, tareas sencillas, como el reconocimiento de una persona o de un objeto, resultan extremadamente difíciles y de una alta complejidad para un ordenador.

Actualmente el funcionamiento y capacidad del cerebro humano sigue siendo un gran misterio por desvelar. Sin embargo, la tecnología computacional pretende desarrollar modelos que imiten o emulen el comportamiento cerebral.

De este modo, las Redes Neuronales Artificiales (RNA) están inspiradas en las redes neuronales biológicas del cerebro humano, y se componen de elementos con comportamientos básicos similares al de las neuronas y que presentan una estructura organizativa que pretende parecerse a la del cerebro humano (Figura 1.1). Normalmente este tipo de modelos computacionales (58) usan una estructura en red, compuesta por neuronas o nodos que son procesos numéricos que están vinculados al estado de otros nodos en función de sus uniones o conexiones.

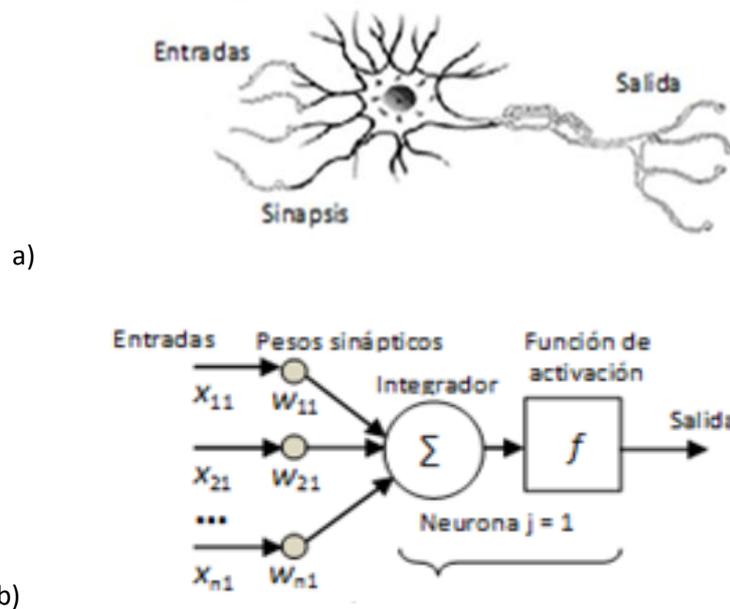


Figura 1.1. Analogía entre a) una neurona biológica y b) una Neurona Artificial, con un modelo matemático que cumple los principios básicos para la comunicación interneural, un sumador de impulsos (integrador) y una función de activación que se activa a partir de cierto umbral (Tomado de Barajas y Álvarez, 2003) (57).

Una de las definiciones más sencillas de RNA sería la siguiente: Las redes neuronales son conjuntos de elementos de cálculo simples, usualmente adaptativos, interconectados masivamente en paralelo y con una organización jerárquica que les permite interactuar con otros sistemas del mismo modo que lo hace el sistema nervioso biológico (59).

Las RNA pueden considerarse modelos de cálculo caracterizados por algoritmos muy eficientes que operan de forma masivamente paralela y

permiten desarrollar tareas cognitivas como el aprendizaje de patrones, la clasificación o la optimización (60).

El fácil manejo y ejecución de las RNA, unido a que poseen una especial habilidad para aportar resultados partiendo de datos confusos e imprecisos, o para obtener patrones que son complejos de detectar por el hombre o por otras técnicas computacionales, ha ocasionado un aumento en su utilización. Las características que presentan como aprendizaje adaptativo, auto organización, tolerancia a fallos, operación en tiempo real o fácil inserción dentro de la tecnología existente, hacen que se utilice en gran número en áreas diferentes como la militar, salud, biológica, financiera, industrial o medio ambiental entre otros (57).

1.2.1. Historia de la red neuronal

El estudio del cerebro desde un punto de vista computacional ya lo propuso Alan Turing en 1936, aunque el origen de los modelos matemáticos de neurona artificial, que pretenden imitar el comportamiento de las neuronas biológicas fue presentado por McCulloch y Pitts en 1943 donde se mostró uno de los primeros modelos abstractos de una neurona artificial. Pocos años más tarde Hebb (1949) propuso una ley explicativa del aprendizaje neuronal, conocida como la regla de Hebb, que se convirtió en la antecesora de las modernas técnicas de entrenamiento de redes neuronales artificiales (60).

En 1956, se organizó la primera conferencia de Inteligencia artificial (The Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence) en la universidad inglesa de Darmouth, siendo la toma de contacto seria con las redes neuronales artificiales. Posteriormente en 1958, Frank Rosenblatt desarrolló en el campo de la psicología, una clase de red neuronal artificial denominada Perceptron que era un algoritmo de reconocimiento de patrones que contenía solo dos capas (entrada y salida). El Perceptron era un sistema capaz de identificar patrones geométricos y abstractos (57) siendo capaz de generalizar, es decir, después de haber aprendido una serie de patrones podía reconocer otros similares. Hoy en día se sigue utilizando para aplicación como reconocedor de patrones.

A mediados de los años 60, Minsky y Papert, comenzaron un trabajo profundo de crítica al Perceptron. Estos autores probaron (matemáticamente) que el Perceptron tenía limitaciones y no era capaz de resolver problemas relativamente fáciles, tales como el aprendizaje de una función no-lineal, que son extensamente empleadas en computación (60). Desde entonces, se produjo un sustancial descenso de las inversiones y un significativo desinterés de la comunidad científica sobre las investigaciones de la computación neuronal.

Aunque algunos investigadores continuaron con el estudio acerca de la computación neuronal proporcionando importantes aportaciones al área, no fue hasta la década de los 80 cuando John Hopfield con la publicación del artículo Hopfield Model o Crossbar Associative Network, junto con la invención del algoritmo Backpropagation logró restituir de nuevo el interés y la confianza en el área de la computación neuronal. Se ofreció una solución muy poderosa para la construcción de redes neuronales más complejas, al evitar los problemas observados en el aprendizaje del Perceptron simple. Se constituyó una de las reglas de aprendizaje de mayor utilización para el entrenamiento de la red conocida como Perceptron Multicapa (60).

En la actualidad, son numerosos los trabajos que se realizan y publican cada año sobre este tema. El crecimiento más importante se encuentra entorno a las aplicaciones, principalmente en campos de la industria y la empresa. El incremento constante del número de aplicaciones está provocando un impacto trascendente en la industria en general y en sectores como la banca, salud, seguros, etc (61).

1.2.2. Fundamentos básicos de las redes neuronales

Las redes neuronales artificiales se componen de una estructura básica que es la neurona artificial. Una neurona artificial se considera como un elemento básico de la red, que recoge información procedente de otros módulos o del entorno. Esta información se integra, se computa y posteriormente produce una única salida que se podrá transmitir a múltiples neuronas posteriores. Se inspiran en el diseño de la neurona artificial, que recibe señales (inputs) de otras neuronas vía conexiones sinápticas que

pueden ser excitantes o inhibitoras. En función de las señales recibidas, una neurona envía a su vez una señal a otras neuronas por medio del axón. Una neurona contiene un potencial interno continuo, llamado potencial de membrana, y cuando éste excede de un cierto valor umbral, la neurona puede transmitir todo su potencial por medio de las sinapsis del axón.

El diseño básico de una neurona artificial (Figura 1.2) requiere de la aplicación de un conjunto de entradas que representarían las salidas de otras neuronas o las entradas del medio externo. Con estos valores se realiza una suma ponderada (teniendo en cuenta los pesos correspondientes en cada entrada) y se transforma en el valor de activación de la neurona que es “filtrado” por una función determinada, llamada función de activación, que es la encargada de transformar el valor de la entrada neta en el valor de salida de la neurona.

En una RNA, las neuronas se conectan por medio de sinapsis y esta estructura de conexiones sinápticas determinará el comportamiento de la red.

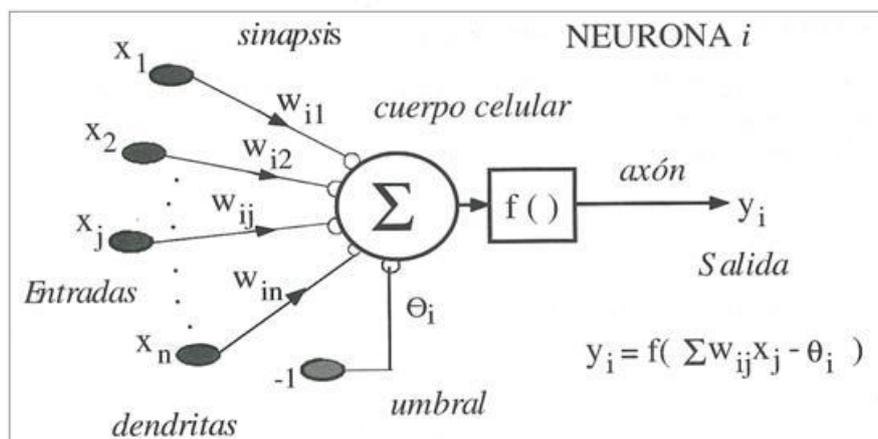


Figura 1.2. Modelo de neurona artificial estándar. X_j : Entradas, W_{ij} : Pesos sinápticos. θ_i : Umbral, y_i : Función de activación (Tomado de Medina, 2009)(62).

Este conjunto de neuronas artificiales se estructura jerárquicamente organizándose en capas. A su vez, varias capas forman una red neuronal, y por último, una red neuronal o un conjunto de ellas, junto con las interfaces de entrada y salida, y la parte algorítmica necesaria, constituyen el sistema global de proceso, como se muestra en la Figura 1.3.

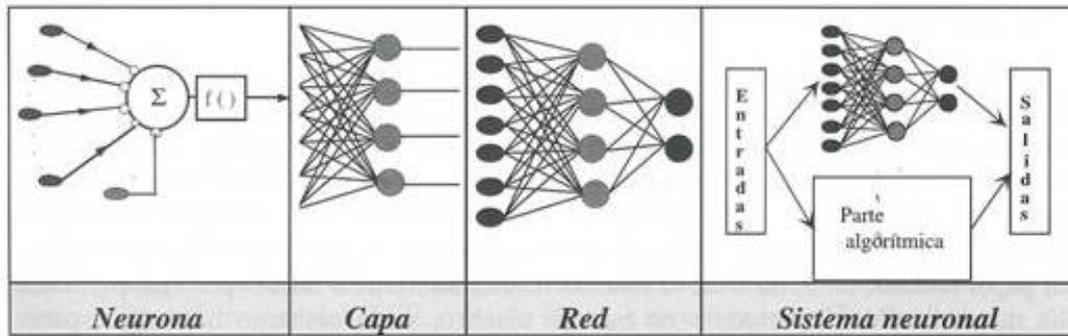


Figura 1.3. Estructura jerárquica de un sistema basado en un Sistema de Redes Neuronales (Tomado de Brio y Molina, 2001) (63).

La red más simple es un grupo de neuronas ordenadas en una capa, mientras que las redes multicapa se forman con un grupo de capas simples en cascada en la que la salida de una capa es la entrada de la siguiente, por lo que normalmente las redes más complejas y más grandes ofrecen mejores prestaciones en el cálculo computacional que las redes simples.

Las configuraciones de las redes presentan aspectos diferentes, pero tienen un aspecto común, el ordenamiento de las neuronas en capas o niveles pretende imitar la estructura de capas que presenta el cerebro en algunas partes.

1.2.3. Fases de formación de una red neuronal artificial

1.2.3.1. Fase de creación y desarrollo

En la fase de diseño de la arquitectura de la red, se determina el número de neuronas que tendrá la red, así como su disposición en capas y su conectividad. A partir de un análisis de los datos del problema, se determinan cuántas entradas y salidas tiene la red, así como el número de neuronas, cómo se distribuyen en las capas y la interconexión entre sí.

1.2.3.2. Fase de entrenamiento y aprendizaje

Una vez diseñada la red y las funciones que la regirán, se procede a entrenar a la red para que aprenda el comportamiento que debe tener; es decir, la red deberá dar la respuesta correcta ante un conjunto de datos de entrada y para ello debe realizar un primer acercamiento con un conjunto de estímulos o

patrones de entrada que se introducen en el entrenamiento, a partir de un proceso de estimulación proveniente del entorno.

Los tipos de aprendizaje básico son:

- Supervisado.
- En el aprendizaje supervisado se presenta a la red un conjunto de patrones, junto con la salida deseada, de forma que la red reajusta los pesos de las neuronas hasta que la salida tiende a ser la deseada.
- No supervisado o autoorganizado.
- En este tipo de aprendizaje se presentan a la red multitud de patrones sin adjuntar la respuesta que deseamos y extrae rasgos o agrupa patrones según su similitud (clustering).

1.2.3.3. Fase de validación o test

Tras la fase de entrenamiento viene la fase de ejecución, durante la que se le pedirá a la red que responda a estímulos diferentes a los presentados durante la fase de entrenamiento. Debido al entrenamiento de la red, ésta debe haber aprendido y por lo tanto, la red deberá ser capaz de generalizar y dar respuestas correctas ante patrones de estímulos nuevos.

1.2.4. Características, ventajas e inconvenientes de la red neuronal artificial

La RNA presenta una serie de características similares a las del cerebro humano, como aprender de la experiencia, generalizar de ejemplos previos a ejemplos nuevos y abstraer las características principales de una serie de datos (64).

- *Aprender:* Cuando se introducen un conjunto de entradas, la red neuronal se ajusta con el fin de producir una salida consistente. Las RNA podrían cambiar su comportamiento en función del entorno. Esto equivaldría a lo que sería la adquisición del conocimiento por medio del estudio, ejercicio o experiencia.
-

- *Generalizar*: Las RNA tienden a generalizar de forma automática debido a su estructura y naturaleza. Además, las redes neuronales pueden ofrecer respuestas correctas a entradas que presentan pequeñas variaciones debido a los efectos de ruido o distorsión.
- *Abstraer*: Algunas RNA pueden sacar la esencia de un conjunto de entradas, que aparentemente no presentan relación o aspectos comunes. Lo que equivaldría a aislar mentalmente o considerar por separado las cualidades de un objeto.

1.2.4.1. Ventajas

Las RNA presentan ventajas como:

- Capacidad de generalización. Mediante la introducción de nuevos datos la RNA es capaz de producir resultados coherentes conforme a la naturaleza del problema para la que fue entrenada.
 - Operación en tiempo real. Las RNA pueden realizar gran cantidad de cálculos en un intervalo de tiempo lo más reducido posible debido al procesamiento paralelo.
 - Aprendizaje adaptativo. Es la capacidad de aprendizaje del sistema en la realización de tareas basadas en un entrenamiento o una experiencia inicial. Los sistemas de red neuronal son capaces de adaptarse fácilmente al entorno modificando sus sinapsis, y aprendiendo de la experiencia.
 - Auto organización. Durante la etapa de aprendizaje la RNA es capaz de tener una organización o representación propia de la información que ha recibido.
 - Tolerancia a fallos. Gracias a que la información se encuentra distribuida por las sinapsis de la red, si se produjera un daño en una sinapsis, solo se perdería una pequeña parte de la información.
-

- Facilidad de uso. Para utilizar la tecnología neuronal no es necesario conocer los detalles matemáticos. Sólo se requiere estar familiarizados con los datos del trabajo.

1.2.4.2. Inconvenientes

También se presentan algunas desventajas o inconvenientes en el uso de las redes neuronales, siendo tal vez las más destacadas:

- Las redes neuronales deben ser entrenadas para cada problema nuevo planteado y el entrenamiento puede ser largo y consumir un tiempo considerable.
- Debido al complejo procesamiento, que podría componerse de millones de operaciones, no es posible que el ser humano pueda seguir el razonamiento que la RNA utilizaría para la elaboración de sus resultados. No obstante, si la red es pequeña, mediante el estudio de los pesos sinápticos sería posible saber al menos, qué variables de la información introducida fueron relevantes en la toma de decisión y resultados.
- Es necesaria la realización de múltiples pruebas para la determinación de la arquitectura adecuada de cada red neuronal.
- Las redes neuronales presentan un aspecto complejo para un observador externo que desee realizar cambios.

1.2.5. Red Neuronal del Sistema On-line de Respuesta Interactiva Inteligente con Redes Neuronales (SORIIR)

El SORIIR está dotado de una red neuronal *Snap-Drift* (RNSD o SDNN) que es un algoritmo no supervisado (65), utilizado para la agrupación de las respuestas de los estudiantes a las preguntas de opción múltiple (20, 66) que además tiene la capacidad de adaptarse rápidamente cuando se introducen nuevos patrones.

El algoritmo SDNN se basa en un método de aprendizaje modal simple, es decir que cambia periódicamente entre los dos modos de aprendizaje (*snap*

y *drift*) (65-68). El aprendizaje de *snap-drift* combina el aprendizaje difuso (*snap*), y la cuantificación del vector de aprendizaje (*drift*) (69).

Dicho de otra forma, los modos *snap* y *drift* proporcionan funciones complementarias. El modo *snap* captura instantáneamente los elementos comunes de todos los patrones que activan el nodo (neurona) para el aprendizaje, representados por los valores mínimos en cada dimensión de entrada, mientras que el modo de *drift* captura los valores medios del grupo de patrones.

La arquitectura del SDNN consiste en una capa de entrada, una capa oculta distribuida utilizada para la extracción de características y una capa de selección utilizada para la categorización de entidades. La descripción detallada del algoritmo se puede encontrar en otros trabajos (65, 70).

1.3. Sistema de Respuesta de Audiencia (SRA)

Como comentamos anteriormente el SRA es un sistema de recogida de la información aportada por un auditorio que cuantifica y procesa las respuestas de manera inmediata, creando y estimulando la interacción entre presentador o profesor y audiencia o alumno. Estos sistemas combinan un hardware inalámbrico con un software de presentación.

La denominación SRA (o su acrónimo anglosajón ARS) está bastante generalizada, aunque en el medio educativo también se suelen encontrar con mucha frecuencia los términos:

- Clickers
- Student Response Systems (SRS),
- Classroom Response System (CRS)
- Personal Response Systems (PRS)

No obstante, en la literatura revisada, hemos encontrado un gran número de variantes para estos términos que se refieren a los SRA o algún sistema similar, debido principalmente a la gran popularidad que tienen. Por tanto, en sus diferentes variantes, los SRA conocidos con multitud de nombres, como:

- Audience response meters
- Audience-paced feedback system
- Classroom communication system
- Classroom communication system
- Classroom feedback system
- Classroom performance system
- Classroom polling tool
- Clickers
- Dial testing
- Electronic classroom communication response system
- Electronic polling system
- Electronic response system
- Electronic student response technology
- Electronic voting machine
- Electronic voting systems
- Group process support systems
- Interactive response system
- Interactive student response systems
- Interactive Voting System
- Interactive Wireless Voting
- Interactive wireless voting keypads
- Interactive wireless voting system
- Personal electronic response system
- Real time response
- Student Response Systems
- Wireless classroom communication system
- Wireless communication system
- Wireless course feedback system
- Wireless keypad
- Wireless response technology
- Zappers

1.3.1. Historia del Sistema de Respuesta de Audiencia (SRA)

Los comienzos del SRA se remontan a los años 50 para uso militar (71), aunque no fue hasta una década más tarde cuando se emplearon en el ámbito de la enseñanza superior, principalmente en las universidades de los Estados Unidos (72). En concreto, en 1966 se empleó en el ámbito docente, en la Universidad de Stanford, pero este sistema tenía un alto coste económico, su uso era complejo, además de que su funcionamiento no era bueno (73, 74). En

ese momento el uso del SRA en las universidades perseguía el aumento de la participación en clase.

Con el paso del tiempo, estos sistemas se fueron desarrollando, perfeccionando y ampliando su campo de acción y no fue hasta un par de décadas más tarde, en los 80, cuando el uso del sistema se extendió considerablemente. El motivo fue la aparición de prototipos de SRA que resultaban más económicos y por lo tanto más atractivos, como los dispositivos con infrarrojos (71), aunque su uso más generalizado comenzó en el 2000 (75).

Ya en 2005 existían diferentes tecnologías en el uso de SRA, como la radiofrecuencia, los infrarrojos y la navegación web. En un trabajo Lowery (76) comparó el uso de estas tecnologías con ciertas aplicaciones de SRA: elInstructor, Hiper-Interactive, Teaching Technology, InterWrite, Turning Technologies y UNC Wilmington. Existen muchas más aplicaciones en el mercado como EduClick entre otras, e incluso más recientemente podemos encontrar en el mercado aplicaciones de SRA con interfaz web o para teléfonos inteligentes como SOCRATIVE, POLLDADDY o SIDRA entre otros.

La popularización de estos sistemas en el ámbito educativo se ha producido especialmente por su principal atractivo: la capacidad de proporcionar información o retroalimentación de forma inmediata, algo que el profesorado valora positivamente y que hoy en día sigue animando a su utilización (77). Sus aplicaciones son diversas como su uso en congresos, convenciones, reuniones, elecciones, sondeos de opinión y en aulas educativas. Además, este sistema ha experimentado un auge en áreas del conocimiento como las Ciencias de la Salud, o en las ciencias sociales y jurídicas.(6).

El aumento del uso de los SRA ha fomentado la aparición de numerosas empresas que ofertan estos sistemas, generando dispositivos muy económicos y sencillos. Así mismo, se puede emplear dispositivos personales como smartphones o tablets, lo que permite llegar al alcance de todo el mundo, promoviendo su uso en diferentes disciplinas (78) y universidades (9, 26, 75).

1.3.2. Funcionamiento básico del SRA

De forma general, el SRA requiere de los siguientes pasos:

1. El profesor prepara las sesiones con antelación incluyendo en sus presentaciones para ordenador algunas preguntas o problemas para verificar el nivel de conocimiento y atención de la audiencia a la que va dirigida la sesión.
2. Durante la sesión se lanzan las cuestiones en ciertos momentos determinados de la exposición, e inmediatamente los asistentes responden mediante un dispositivo electrónico como un mando, smartphone, tablet u ordenador. La información quedará registrada automáticamente y de forma inmediata en un ordenador o servidor.
3. Las respuestas se registran y procesan en función de la modalidad de identificación de los individuos presentes, que se realiza con antelación al comienzo de la sesión. Existen dos modalidades:
 - Modo identificado, en el que cada respuesta es identificada y asignada a un individuo concreto. Para ello al comienzo de la sesión, cada individuo debe registrarse en un servidor o se le debe asignar un mando concreto.
 - Modo anónimo en el que se obtienen los resultados de forma global sin poder conocer la respuesta individual de ninguna persona en concreto.

En ambos casos la información se muestra en la pantalla en el formato deseado como porcentaje, Gráfica o Tabla.

Una vez finalizado el proceso y conocidas las respuestas correctas e incorrectas, el interlocutor puede facilitar un feedback inmediato, que sirve para aclarar conceptos o errores.

1.3.3. Ventajas e inconvenientes de los SRA

1.3.3.1. Ventajas

Los SRA ofrecen ciertas ventajas en tres ámbitos principalmente (6): el proceso de aprendizaje, efectividad de la tarea docente y la gestión administrativa de la comunidad educativa.

a. El proceso de aprendizaje

- Fomenta la asistencia a clase y la preparación de éstas por parte de los alumnos(72), ya que sus conocimientos van a ser evaluados en clase.
 - Mejora la comprensión de los temas (72). La elección y preparación de una serie de preguntas tratan de guiar al alumno en la comprensión de los temas tratados.
 - Aumenta la participación de los estudiantes (12, 72, 79) incluso en grupos de gran tamaño (80), ya que todos los alumnos ofrecen una contestación a las preguntas del profesor y además, la posibilidad de participar anónimamente o sin ser claramente identificados, favoreciendo una situación de tranquilidad y seguridad a aquellos alumnos tímidos o inseguros.
 - Aumenta la atención de los estudiantes durante la clase (6). La inclusión de preguntas durante el desarrollo de la clase mantiene una atención del alumno para poder responder las cuestiones surgidas en cualquier momento.
 - Proporciona un feedback o retroalimentación inmediata a los alumnos (35, 81). La información se le ofrece al alumno en el momento más apropiado, ya que le permite despejar dudas, aclarar conceptos y evaluar sus conocimientos de forma inmediata tras las preguntas expuestas.
 - Fomenta la discusión en grupo y la facilita cuando los grupos son de gran tamaño (82), El uso de estos sistemas favorece los procesos de
-

aprendizaje colectivo al suscitar debate en el aula ante las respuestas originadas tras la exposición de las preguntas en clase.

- Mejora el rendimiento de los estudiantes (35, 83, 84). Los alumnos que utilizan este tipo de sistemas suelen mejorar sus calificaciones con respecto a alumnos a los que se les ofrece una enseñanza tradicional.
- Ameniza las clases y aumenta la satisfacción del alumno (72, 85). La participación activa del alumno en el desarrollo de la clase lo estimula y favorece su implicación y satisfacción con el sistema de enseñanza.
- Aumento de la accesibilidad de los alumnos para la realización de evaluaciones, actividades o trabajos a través de plataformas virtuales, tanto en términos geográficos como temporales (6).

b. Efectividad de la tarea docente

La efectividad de los docentes puede mejorar utilizando los ARS, destacando que:

- El profesorado recibe feedback o retroalimentación inmediata para guiar las clases (86). La información al momento que recibe el profesor de los conocimientos del conjunto del alumnado, favorece la revisión y discusión de los contenidos en base a las respuestas de todos los alumnos y no solo de los más participativos, lo que permite modular de manera más efectiva el trabajo en el aula reconociendo los temas de mayor dificultad para el estudiante.
 - Evaluación continua de los conocimientos asimilados por los alumnos y evaluación objetiva de la evolución del alumnado por parte del profesor (6). La facilidad y simplicidad en la obtención de datos del sistema, permite al profesor realizar pruebas periódicas a modo de evaluación continua, pudiendo ser objetivo en la percepción del aprendizaje del alumno o grupo a través del análisis de los datos el sistema. También le permite reconocer mejor las capacidades, habilidades y carencias de los alumnos, facilitando la elaboración de materiales y actividades.
-

- La cantidad de datos recogidos por el sistema permite su análisis con el fin de mejorar la calidad del proceso educativo y facilitan la investigación dentro de la actividad educativa (86).
- Aumenta la interacción profesor-alumno (72, 79, 86) al existir la posibilidad de debatir las respuestas a las cuestiones expuestas en el aula.
- Permite el seguimiento individual del estudiante (86). La información individual del alumno que ofrece el sistema permite al profesor evaluar el grado de conocimiento del cada estudiante en particular y conocer sus dificultades y sus progresos para poder calificar su rendimiento de forma objetiva. Esto le permitiría a su vez, intervenir en cualquier momento para mejorar y reorientar su proceso de aprendizaje (3, 87).

c. Gestión administrativa

La tercera mejora puede venir desde el ámbito de la gestión.

- Reduce la gestión administrativa por parte del profesor (72). La informatización del sistema facilita ciertas labores como la elaboración de listados de asistencia, de evaluación o realización de prácticas entre otras actividades, que son automatizadas quedando a disposición para el análisis o consulta.

1.3.3.2. Desventajas

Las desventajas más destacadas y evidentes que podemos citar de los SRA son (73):

- El coste en la adquisición de las unidades y los mandos necesarios para el uso del sistema (41, 88). Sin embargo, actualmente existen un gran número de SRA disponibles de forma gratuita a través de internet y que son utilizados con cualquier dispositivo electrónico disponible con conexión a internet como smartphone, tablet u ordenador.
 - Necesidad de conocimiento previo del sistema, es decir, del software específico para el manejo adecuado en el aula. Los profesores
-

relativamente inexpertos pueden tener dificultades para usar correctamente los sistemas (89) y además deben ajustar su estilo de enseñanza y ofrecer explicaciones muy pertinentes y a demanda de los estudiantes.

- Los problemas técnicos durante su uso. Esto conllevaría un consumo de tiempo adicional para solventarlos o incluso la imposibilidad de su utilización, como cuando los dispositivos alejados no funcionan correctamente o la señal wifi no se recibe adecuadamente (90-92).
 - Necesidad de disponer de una unidad y dispositivo remoto propio del sistema (93, 94). Esta desventaja no existe en el caso de los nuevos sistemas que funcionan a través de internet, ya que los alumnos pueden emplear cualquier dispositivo propio con conectividad a internet.
 - Fallo en el registro de asistencia para aquellos alumnos que por cualquier problema técnico no fuesen capaces de participar en la actividad, aun estando presentes (93).
 - La necesidad de un elevado consumo de tiempo de clase para la escenificación del sistema (89, 90, 95). La puesta en marcha, comprobación del sistema y el tiempo de espera necesario en la contestación de todos los alumnos a cada pregunta es un tiempo considerable a tener en cuenta a la hora de programar este tipo de actividades.
 - Dificultad en el control de los tiempos necesarios para dar respuestas a las cuestiones expuestas (feedback inmediato) y posteriores discusiones o puestas en común (94, 96). Es complicado especificar de antemano el tiempo necesario en la aportación del feedback y del posible debate que surja de ello, lo que podría representar una pérdida notable de tiempo.
 - La planificación y desarrollo del método por parte del profesor requiere de un esfuerzo adicional que consume bastante tiempo (80, 97-100). La creación de preguntas de opción múltiple de carácter efectivo y relevante sería un ejemplo de ello.
-

- Cuando la actividad se realiza a distancia, algunos aspectos importantes se escapan al control del profesor como la comprobación de la autoría del ejercicio, si este se realiza de forma individual o colectivamente e incluso el material disponible en el momento de la actividad (101).

1.4. Retroalimentación o feedback

La retroalimentación o feedback en el ámbito académico es la información que provee un agente sobre el desempeño académico de una actividad de aprendizaje (102), y por lo tanto, esta información debe de ser empleada por el alumno para optimizar su aprendizaje indagando en las carencias de conocimientos o errores. Todo ello supone una mejoría considerable en el proceso de aprendizaje frente a la mera calificación. Además, hay que destacar que tan importante es la calidad de la información aportada en la retroalimentación como el momento en el que se ofrece.

Encontramos varios tipos de retroalimentación (103):

- La retroalimentación formativa, que está orientada a ofrecer información sobre el proceso llevado a cabo por el alumno ya sea para la aclaración de conceptos o como medio de adquisición de habilidades. El estudiante necesita y espera información que le ayude a comprender nuevos conocimientos, por lo que no es suficiente con proporcionar una calificación numérica. Esta retroalimentación se describe como la información comunicada al estudiante que intenta modificar su pensamiento o su comportamiento para mejorar el aprendizaje.
 - La retroalimentación directiva es otro tipo de información que pretende mostrar al alumno lo que necesita ser ajustado o revisado. Este feedback pretende guiar al estudiante en su propia revisión y conceptualización, por lo que, tiende a ser más específico y provee comentarios y sugerencias que lo guíen.
 - La retroalimentación asertiva aporta al estudiante una información específica, detallada, individualizada, en tiempo, enfocada a un nuevo aprendizaje y detectando áreas de oportunidad en las que puede mejorar.
-

La retroalimentación o feedback además, se puede ofrecer de forma oral o escrita:

- La retroalimentación por escrito es un mensaje unidireccional enviado por el profesor a un estudiante, por lo que es esencial que el estudiante tenga disponible de forma permanente la información aportada y que además sea capaz de interpretar y entender el mensaje, de lo contrario, la retroalimentación sería ineficaz.
- La retroalimentación oral se suele proporcionar durante el transcurso de una clase, utilizándose principalmente para la comprobar que los estudiantes han comprendido la información que se ofrece sobre el tema tratado.

Aunque parezca menos formal que el feedback escrito, un ARS parece ser un sistema altamente eficaz, puesto que se realizan aclaraciones en el mismo momento en el que se pretende asimilar la información, obteniendo un feedback inmediato (72, 81), afianzando los conocimientos de cualquier concepto incomprendido o confuso en la clase. El tutor, además también se beneficia del sistema, ya que puede tener un conocimiento en tiempo real y certero del progreso y seguimiento de los estudiantes en clase, lo que le aporta una idea de la efectividad de la enseñanza que realiza en ese momento (86).

Por otro lado, no se debe olvidar que la retroalimentación sólo es efectiva si los estudiantes actúan sobre ella, reflexionando e integrando la información. Por ello, el feedback oral proporciona la posibilidad de suministrar la información deseada en el momento de forma presencial, dialogando o discutiendo en clase sobre errores comunes y sin olvidar que también puede ofrecerse en las tutorías presenciales, que aunque no sean de carácter inmediato, son una herramienta más y muy útil en el proceso de aprendizaje.

1.4.1. Atributos de calidad de la retroalimentación

La retroalimentación es capaz de reforzar el avance del aprendizaje, estimulando la atención del estudiante y promoviendo su compromiso. Sin embargo, es sorprendente ver como uno de los métodos educativos más efectivos de comunicación entre profesor y alumno, es una de las áreas más

débiles, como se desprendió de una Encuesta Nacional de Estudiantes de 2007-2010 en el Reino Unido (20).

Para mejorar el aprendizaje, el feedback debe poseer el mayor número posible de los siguientes atributos (23):

- **Constructivo.** La retroalimentación debe guiar al alumno ayudándolo hacia el pensamiento, la reflexión, el estudio y el aprendizaje cognitivo mejorando su aprendizaje.
- **Motivador.** Mediante el feedback se podría influir positivamente sobre las actitudes de los estudiantes hacia el estudio.
- **Personales.** Cuanto más personalizada sea la retroalimentación, mayor significado tendrá para el estudiante y será más receptivo a la misma.
- **Manejable.** La retroalimentación debe ser detallada haciendo que los estudiantes puedan interpretarla fácilmente, pero no demasiado minuciosa para evitar confusiones. Incluso, debe hacer ver claramente a los alumnos cuáles son sus carencias y que además contenga material suficiente como para guiarlos hacia los objetivos de aprendizaje.
- **Oportuna.** El aprendizaje será mejor cuanto más cercana esté la entrega del feedback al momento en el que se observa el error, puesto que será más útil y fácil de corregir el razonamiento erróneo, ya que el contexto del problema está activo en la memoria.
- **Directamente relacionado con resultados del aprendizaje.** La retroalimentación debe guiar y ajustar los esfuerzos de los estudiantes hacia el aprendizaje como meta, de forma que la retroalimentación orientada hacia los objetivos de aprendizaje será más efectiva que aquella orientada al rendimiento de la evaluación como objetivo final.

1.4.2. Feedback en el sistema SORIIR

La retroalimentación diagnóstica inteligente derivada del SORIIR emplea preguntas de opción múltiple (20-23). Este tipo de cuestiones presentan gran número de ventajas como la retroalimentación rápida, objetiva, evaluación

automática, análisis estadístico fácilmente computarizado de los resultados de las pruebas y la reutilización de las preguntas de las bases de datos (104-106). También muestran ciertas desventajas como que requieren un gran esfuerzo para construir los cuestionarios adecuados o que son incapaces de probar la alfabetización y la creatividad entre otros.

Las respuestas de opción múltiple se han utilizado principalmente para la evaluación sumativa donde se pretende evaluar el nivel de logro del alumno en un contenido de aprendizaje concreto, pero también se podrían emplear en la evaluación formativa que pretende comprobar el nivel de comprensión del estudiante mediante preguntas clave. Este carácter formativo se podría proporcionar mediante una retroalimentación en la que destacarían las áreas o conceptos deficientes e incluso podría indicar el grado de progreso de su aprendizaje al estudiante. De hecho, algunos estudios avalan los resultados positivos de usar preguntas de opción múltiple en la pruebas para la evaluación formativa (104-106).

Los profesores elaboran una retroalimentación concreta para cada cuestión, generando a través del sistema una retroalimentación específica basada en la introducida inicialmente, que pretende ser individualizada para cada estudiante y que se obtiene por la combinación de las respuestas enviadas al sistema. Como las preguntas de opción múltiple tienen combinaciones de 4 o 5 respuestas, se puede complicar y dificultar la labor de la producción del feedback. Conseguir predecir todos los errores posibles y producir la retroalimentación necesaria para una combinación de preguntas con respuesta múltiple, sería una labor titánica (23). Sin embargo, el uso de las nuevas tecnologías puede facilitar la labor del tutor que puede manejar unos volúmenes de información enorme con cierta facilidad y proporcionar a la vez una retroalimentación bastante amplia y lo más personalizada posible.

Un sistema de retroalimentación diagnóstica inteligente, está orientado especialmente al concepto implicado en cada una de las cuestiones, más que a dar una respuesta correcta a las preguntas. A los estudiantes se les ofrece una retroalimentación individualizada, que les permite revisar y estudiar los conceptos erróneos o posibles malentendidos, y les posibilita volver a tomar al

ensayo de nuevo y de este modo, seguir evolucionando en la prueba. Por ello, es fundamental que la retroalimentación sea diseñada cuidadosamente siguiendo los atributos de calidad (23).

Toda esta información se agrupa y asocia en grupos o categorías de respuesta formados por un clasificador (por ejemplo una red neuronal), llamados “estados de conocimiento”, basados en el nivel de comprensión e ideas erróneas obtenidos mediante las respuestas de los estudiantes con los que se entrenó el clasificador. Cada estudiante que realiza la prueba es asignado a un grupo o estado de conocimiento que tienen asociado un feedback determinado, de forma que cada individuo pueda reflexionar sobre su nivel de aprendizaje utilizando esta retroalimentación diagnóstica. No obstante, cuando los estudiantes retoman de nuevo la prueba y varían sus respuestas, en función de la reflexión personal, habitualmente reciben una nueva retroalimentación de acuerdo a su nuevo estado de conocimiento, lo que le hace evolucionar y a su vez le conduce a un mayor auto-aprendizaje (21, 22).

Además, la retroalimentación basada en el concepto y no en la respuesta en sí, a diferencia de la retroalimentación correctiva en la que se muestran qué preguntas se responden correctamente o no, evita que el estudiante responda al azar buscando solamente conocer las respuestas correctas. Incluso si los estudiantes leen cuidadosamente la información de la retroalimentación diagnóstica, no podrán conocer qué preguntas fueron contestadas incorrectamente, ya que el feedback estaría diseñado además con el objetivo de no ofrecer la respuesta correcta o incorrecta de forma directa (20).

En conclusión, este sistema pretende combinar las preguntas de opción múltiple y la evaluación formativa utilizando un agente inteligente que realiza un análisis de las respuestas recibidas por los estudiantes, con el fin de proporcionar retroalimentación diagnóstica inteligente.

1.4.3. Feedback del sistema de respuesta de audiencia

El SRA es una de las herramientas más eficaces para proporcionar retroalimentación instantánea durante las clases, en particular clases con gran

aforo de estudiantes. Este feedback se suele realizar de forma oral, que aunque parezca algo informal, resulta ser altamente útil en la incorporación de la información, aclaración e incluso debate de los temas tratados en el momento. Se destaca entonces la importancia del tiempo o momento en que se entrega la retroalimentación, ya que esta debe ser oportuna y proporcionada, de tal manera que pueda ser utilizada por el estudiante en la mejora de la realización de las actividades posteriores del curso o módulo. Hay que evitar enviar la retroalimentación cuando ya haya transcurrido tiempo desde la finalización de la actividad (103, 107).

Para conseguir este objetivo, el profesor podría incorporar algunas preguntas de concepto durante la clase para corroborar la comprensión del estudiante mediante sus respuestas. El instructor puede además aclarar inmediatamente cualquier concepto incomprendido o confuso a toda la clase. El registro de datos en el sistema puede proporcionar un medio para el seguimiento del progreso de los estudiantes, así como como una herramienta para el propio profesor a modo de retroalimentación sobre su propia enseñanza.

1.5. SIDRA (Sistema de Respuesta a Distancia móvil)

El Sistema de Respuesta a Distancia móvil (SIDRA) es una aplicación del tipo SRA con una arquitectura cliente-servidor, disponible públicamente de forma gratuita en el servidor DOCENTIS (<http://docentis.inf.um.es/>) del Grupo de Investigación de Ingeniería del Software (E097-01) (<http://www.um.es/giisw/ES/>) del Departamento de Informática y Sistemas de la Facultad de Informática de la Universidad de Murcia. Los desarrolladores del sistema SIDRA han sido D. Juan José López Jiménez y D. José Luis Fernández Alemán, que muestran su labor detalladamente en el Trabajo Fin de Máster titulado “SIDRA: Sistema de Respuesta a Distancia móvil” del Máster de Nuevas Tecnologías Informáticas de la Facultad de Informática de la Universidad de Murcia (108).

SIDRA no requiere la instalación de un software específico, ni de un equipo de radiofrecuencia o de mandos específicos del propio sistema, como sucede con los SRA tradicionales. En el caso de SIDRA, esta aplicación se

encuentra disponible a través de internet, (en <https://docentis.inf.um.es/sidra/>) o en dispositivos móviles, como un smartphone o una tablet descargando la versión móvil desde la App Store de Apple y desde Google Play.

Esta aplicación ofrece la opción de utilizar un sistema basado en redes neuronales artificiales, que proporciona una herramienta de autoevaluación con retroalimentación diagnóstica inteligente en su versión i-SIDRA. Este sistema i-SIDRA está dotado de una Red Neuronal Snap-Drift (SDNN) en la que el sistema interacciona con los alumnos mediante feedback diagnósticos, recogiendo las respuestas individuales de cada alumno, analizándolas y posicionando al alumno en un estado de conocimiento específico al que se le asocia un feedback determinado. Esta información es enviada al alumno para su estudio y reflexión, de modo que puede responder otra vez al cuestionario si no ha contestado todas las respuestas del test correctamente. Este proceso se puede repetir en varias ocasiones, por lo que el alumno puede cambiar varias veces de estado de conocimiento en función de sus respuestas, hasta agotar el tiempo o terminar correctamente el cuestionario.

1.6. Actualización de los SORIIR y SRA en Ciencias de las Salud

1.6.1. El Sistema On-line de Respuesta Interactiva Inteligente con Redes Neuronales (SORIIR)

Los sistemas que proporcionan retroalimentación inteligente, pueden desempeñar una función importante en la actividad del aprendizaje activo de los alumnos. Esto se logra mediante el desarrollo de un procedimiento que integre un sistema on-línea fácil de usar con el análisis de las respuestas de los estudiantes a las preguntas de opción múltiple basado en redes neuronales (21).

Actualmente existen muy pocos trabajos que hayan tratado de medir el impacto del uso del SORIIR sobre el rendimiento de los alumnos y su satisfacción desde que Palmer-Brown et al. (109), presentara por primera vez una aplicación de la nueva red neuronal basada en el algoritmo *snap-drift* (SDNN). Este algoritmo exhibe un aprendizaje efectivo que es más rápido que los algoritmos de red neuronal alternativos.

El primer ensayo de la nueva herramienta del tipo SORIIR en el ámbito académico fue publicado por Aleman et al.(20). Este estudio se llevó a cabo en dos grupos de alumnos, uno del grado de informática en una asignatura de programación donde se realizaron dos pruebas, y otro grupo de postgrado en el que se realizó una prueba. Además, se analizó el comportamiento de los estudiantes con el uso de la herramienta a través de variables como los envíos realizados por los alumnos y el tiempo empleado por ellos. Se mostró la representación gráfica del comportamiento a través del diagrama de estado individual a modo de ejemplo. En el estudio se encontraron diferencias estadísticamente significativas que apoyaban la hipótesis de una mejoría en términos cognitivos con el uso de la herramienta.

Posteriormente Fernández-Alemán, et al. (21, 22) realizaron un estudio descriptivo, únicamente a nivel de la obtención de estados de conocimiento, utilizando un test de 10 preguntas de opción múltiple diseñado para un curso de segundo Grado de Enfermería. Los alumnos completaron el test terminado el curso, con el fin de recoger las respuestas para introducirlas en una red neuronal y crear grupos de conocimiento. Se llegó a la conclusión de que a los estados de conocimiento se les podría asociar un texto de retroalimentación ya que se formaron grupos de alumnos que muestran conocimientos relacionados.

Más reciente fue el trabajo de Guo et al. (23), en el que se manifestaba la eficacia del uso de un SORIIR empleando SDNN al guiar a los estudiantes a una mejor comprensión de conceptos particulares. Tras el uso del sistema observaron un incremento en las calificaciones del grupo experimental, al realizar un test antes y después de la prueba con feedback diagnóstico. Se estudiaron las diferencias en los rendimientos académicos entre el grupo control y experimental, y se hallaron mayores calificaciones en el examen final a favor de los alumnos que utilizaron SDNN. Por último, los autores analizaron el comportamiento de los individuos al evaluar variables como tiempo empleado y número de envíos, y realizaron una interpretación del diagrama de estados de conocimiento, recogiendo los datos aportados por el sistema.

No obstante, el hecho de que no se presentara ningún tipo de tratamiento estadístico de los datos hace que las conclusiones que arroja este trabajo deben de ser tomadas e interpretadas con cautela.

1.6.2. Sistemas de Respuesta de Audiencia (SRA)

Los SRA han sido bastante utilizados por los profesores de Ciencias de la Salud con el fin de conseguir mejorar los resultados del aprendizaje de los alumnos. Sin embargo, se observa actualmente una tendencia al desuso (110) debido principalmente a los resultados controvertidos, arrojados por las investigaciones previas, sobre la mejora de los resultados y sobre el aprendizaje a corto y largo plazo. Claramente existe una ausencia de evidencia estadísticamente contrastada sobre la efectividad de las tecnologías SRA y sobre la mejora de los resultados de aprendizaje en estudiantes y profesionales de la salud (111).

El SRA ha sido estudiado desde varios ángulos, pero el más predominante es el de estudios de tipo descriptivo de las percepciones de los estudiantes y profesores que los han usado, encontrando innumerables evidencias que, en general, indican una satisfacción muy alta de los estudiantes con el uso de esta tecnología (12, 41, 84, 112-119).

No obstante, también hay cada vez más estudios que intentan descubrir cuál es el verdadero impacto de estos sistemas en el aprendizaje de los alumnos, tanto en el aprendizaje inmediato tras el uso en clase, o en el diferido respecto al efecto sobre los rendimientos académicos.

1.6.2.1. Estudios sin resultados favorables sobre el aprendizaje

Uno de los primeros estudios que examinó la efectividad de SRA asistida por ordenador fue el de Halloran, (120), en 1995, en una muestra de estudiantes de enfermería. Se comparó un grupo experimental que utiliza SRA y un grupo control con un tipo de enseñanza tradicional presencial. El grupo experimental demostró puntuaciones cada vez más altas a medida que avanzaba el semestre, pero no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las dos pruebas que se realizaron durante el curso, ni tampoco en las calificaciones del examen final entre ambos grupos. Además,

Halloran indicó que la posible insensibilización a la tecnología a lo largo del tiempo, mediante la adaptación y familiarización de los alumnos al sistema, explicaría los aumentos al realizar las pruebas, pero no correlacionado con el rendimiento del curso en general.

En el artículo de Stein et al. (118), publicado en 2006, realizado también con alumnos de primer ciclo de enfermería matriculados en un curso de anatomía y fisiología, se encontraron resultados similares al anterior. Los autores no hallaron diferencias estadísticamente significativas en los resultados del grupo experimental con un SRA, y el grupo de control con clases en formato presencial tradicional, ni respecto a las pruebas de clase, ni en las calificaciones de los exámenes realizados durante el curso.

Barbour, (121) en otro estudio realizado en 2008 en Odontología en la asignatura de materiales dentales, trata de valorar el efecto del SRA sobre los rendimientos académicos del grupo experimental, frente al grupo control constituido por alumnos del año anterior. Este autor tampoco encontró diferencias estadísticamente significativas en la comparación de las calificaciones del examen final entre grupo experimental con SRA y control.

Estudios similares a los anteriores como los de Patterson et al. (122) en 2010, Graeff et al. (123) en 2011 y Stein, (118) en 2006, muestran los mismos resultados estadísticamente no significativos. Trabajos más recientes continúan apuntando en este sentido como el de Suzanne et al. (124), que en 2015 evaluaron los resultados del aprendizaje de los estudiantes, a través de un test antes y después de un módulo de un curso de Farmacia de primer año.

1.6.2.2. Estudios con resultados controvertidos sobre el aprendizaje

La controversia en los trabajos realizados sobre el beneficio o no de los SRA se observa en los que presentan resultados estadísticamente significativos en ciertas pruebas de evaluación y no significativos en otras para el mismo grupo de alumnos en un mismo experimento. Es el caso del trabajo de Berry, (12), en 2009, que en un estudio sobre estudiantes de enfermería matriculados en un curso de pediatría, pretendía evaluar el efecto del SRA en

las puntuaciones obtenidas en tres exámenes incluidos el examen final, encontrando diferencias significativas solo en el segundo examen.

Elashvili et al. (125), estudiaron en 2008 la variación del conocimiento en un grupo de alumnos de Odontología que recibía clases de forma convencional, (grupo control) y un grupo experimental que recibía clases interactivas con un sistema SRA. Se evaluaron las calificaciones de los exámenes finales, los exámenes de las unidades y las puntuaciones de las pruebas, encontrándose únicamente diferencias estadísticamente significativas en dos de las pruebas y en un examen de unidad. Curiosamente se menciona que en una de las pruebas con SRA, ésta se vio influida por la coincidencia de un examen importante, siendo los resultados de la prueba no significativos.

Otros trabajos que ofrecen resultados controvertidos sobre el beneficio o no, del uso de los SRA en el aula, es el de FitzPatrick et al. (126) publicado en 2011, en el que se incorporaron SRA en seis secciones de cuatro cursos de Ciencias de la Salud: Anatomía y Fisiología I y II, Fisiología del Ejercicio y Fisiopatología Humana de nivel superior. Dentro de estas cuatro secciones, las calificaciones de los exámenes se compararon entre los años con SRA y sin SRA, observándose aumentos estadísticamente significativos en las puntuaciones antes y después de la prueba en Fisiología del Ejercicio en años con SRA y Anatomía y Fisiología I y II. Los resultados de Fisiopatología Humana fueron inesperados, con puntuaciones más altas en el examen final del grupo no SRA. Por todo ello, la hipótesis de un mayor rendimiento académico de los estudiantes no fue apoyada de manera consistente.

1.6.2.3. Estudios con resultados favorables sobre el aprendizaje y su uso

También encontramos estudios que sí ofrecen resultados positivos como los de Gauci et al. (35) que en 2009 investigaron en alumnos de fisiología un enfoque de aprendizaje activo, facilitado por el uso de SRA, buscando la mejoría en el compromiso de los estudiantes y en los resultados del aprendizaje. Los estudiantes respondieron voluntariamente a las preguntas planteadas durante las clases con SRA, y sus respuestas individuales se

recopilaron automáticamente para una visualización inmediata del resultado. Esta retroalimentación dictó el enfoque de las discusiones durante seguimiento de la clase. Se observó un aumento estadísticamente significativo en los resultados de los exámenes a mitad y final del semestre en comparación con el grupo control compuesto por alumnos de años anteriores con enseñanza tradicional.

Caín et al. (127) en un estudio con alumnos de Farmacia, publicado en 2009, también encontraron unas puntuaciones mayores con una diferencia estadísticamente significativa en las calificaciones promedio del curso para un grupo de 109 estudiantes que usaron un SRA, comparado con un grupo control de alumnos del año anterior con clases tradicionales con preguntas. Los investigadores encontraron diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento académico del curso a favor de los alumnos que usaron el sistema SRA.

También destacamos el estudio de Alexander et al. (128) publicado en 2009 que adopta un enfoque diferente, ya que presentaban como objetivo determinar el valor predictivo y la usabilidad de un SRA como una herramienta de evaluación de conocimiento en un plan de estudios de Medicina en las asignaturas de genética, histología, y anatomía durante un período de tres años. Estos autores encontraron una correlación positiva estadísticamente significativa, entre las calificaciones de los exámenes finales de los estudiantes y las puntuaciones acumuladas con el uso de SRA en clases con preguntas de opción múltiple orientadas clínicamente en cada asignatura. Los autores construyeron modelos predictivos univariados para cada relación (todos $P < 0,0001$) utilizando el SRA como un predictor de la puntuación del examen final.

Posteriormente, en 2012, Mostyn et al. (119), también encontraron una fuerte correlación positiva significativa entre la puntuación con SRA de los estudiantes y sus calificaciones del examen final, en el caso de cuatro cohortes sucesivas de estudiantes de Medicina. Se hizo hincapié en que los mejores resultados se asocian al feedback que recibe el alumnado con esta tecnología. Además, mostraron que los estudiantes consideraron la información útil para

identificar sus necesidades de aprendizaje, guiar su estudio independiente y como herramienta de revisión.

1.6.2.4. Estudios sobre aprendizaje a largo y medio plazo

La implicación de los SRA en el aprendizaje efectivo a medio o largo plazo ha sido un tema bastante estudiado en la literatura, obteniendo también conclusiones opuestas. En el caso de Rubio et al. (129) buscaron en 2008 conocer la retención del conocimiento a corto y largo plazo en residentes médicos. Se analizaron los resultados de las pruebas inmediatamente tras las sesiones y tres meses después, y encontraron diferencias estadísticamente significativas en ambos a favor del SRA. En el trabajo de Schackow et al. (28), publicado en 2004 también hallaron incrementos en el aprendizaje en un grupo de médicos residentes de Medicina familiar con diferencias estadísticamente significativas en los exámenes tras la realización de las sesiones y un mes después.

Por otro lado, en el estudio realizado en 2008 de Crossgrove y Curran (130), se examinaron las diferencias entre el rendimiento de los estudiantes de biología que emplearon el SRA en clase, frente a un grupo control, y observaron que, aunque el grupo experimental obtuvo mejores calificaciones en los exámenes, no hubo diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos. Sin embargo, al año realizaron una nueva prueba y demostraron la retención a largo plazo de conceptos básicos tras el uso de los SRA.

Por otro lado, estudios en 2014, como los de Lantz y Stawisk. (131) mostraron que las preguntas con SRA realizadas a un grupo de estudiantes tras la visualización en clase de videos, mejoraron significativamente las puntuaciones dos días más tarde, en comparación con las puntuaciones obtenidas el mismo día del visionado del video, que fue cuando se dio información sobre las respuestas correctas.

También encontramos estudios que indican el efecto contrario, es decir que no se favorece la retención de lo aprendido en el tiempo, como en el trabajo de Duggan et al. (132), publicado en 2007. En este caso, se examinó el

efecto del SRA en términos de resultados cognitivos, con alumnos de Medicina asignados al azar en un grupo experimental y en un grupo control con clases tradicionales. En ambos casos se midieron las puntuaciones sobre el conocimiento adquirido de forma inmediata y de 8 a 12 semanas después. No encontraron diferencias estadísticamente significativas en las puntuaciones con SRA y el grupo de enseñanza tradicional. Como en muchas otras ocasiones sí que se observó una satisfacción alta por parte de los participantes con el uso de este sistema. También Doucet et al. (84) en 2009 mostraron diferencias estadísticamente significativas en los exámenes finales entre grupo experimental y control, aunque al volver a realizar la prueba tras un año estas diferencias no se hallaron de nuevo.

Liu et al. (133) en 2010 se propusieron evaluar la efectividad de un SRA en el aprendizaje a corto y largo plazo, en un curso de Farmacia, con un grupo experimental y un grupo control sin ARS pero al que se les lanzaban las mismas cuestiones y a las que contestaban alzando la mano. Se evaluaron las respuestas durante la clase y un mes después, observándose diferencias estadísticamente significativas en las pruebas inmediatas pero no estadísticamente significativas en la segunda prueba al mes.

Además, en estudios más recientes en 2015 como el de Luke et al. (134) se efectuó un estudio multicentro con farmacéuticos de dos hospitales universitarios, para investigar si el uso de los SRA como parte de las actividades de educación continua mejoraban a corto y a largo plazo la adquisición de conocimientos. Se evaluaron las puntuaciones tras las sesiones y seis semanas después. Al igual que en el trabajo anterior, estos autores obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en el aprendizaje inmediato pero no en la prueba a largo plazo.

1.6.2.5. Limitaciones en los estudios

A la hora de evaluar los trabajos publicados encontramos que los estudios que se han presentado suelen mostrar ciertas limitaciones que podrían hacer menos rigurosas sus conclusiones. Las limitaciones más mencionadas son:

- Pequeño tamaño de la muestra: Schackow et al. (28), Duggan et al., (132), Rubio et al. (129), Halloran (120), Luke et al. (134).
- Muestras no aleatorias: Patterson et al. (122), Doucet et al. (84), Halloran (120), Schackow et al. (28).
- Estudios experimentales no controlados: Barbour (121), Cain et al. (127).
- Estudios no concurrentes: Liu et al. (133), Gauci et al. (35), Caín et al. (127), Barbour (121), Berry (12), FitzPatrick et al. (126).

1.6.2.6. Meta-análisis de estudios con SRA en Ciencias de la Salud

Aunque las investigaciones hasta la fecha respecto a los beneficios del SRA sobre el aprendizaje del alumno son controvertidas, existen pocos trabajos en Ciencias de la Salud, que realicen un meta-análisis para integrar los estudios existentes y analizar la efectividad de los SRA como herramienta educativa, centrándose en el aspecto del aprendizaje. Se han encontrado dos trabajos de meta-análisis del SRA, el trabajo de Nelson et al. (135) en 2012 con 12 estudios analizados y el de Nathaniel et al. (136) en 2015 con 53, que incluían varias áreas además de las Ciencias de la Salud (artes y humanidades, ingeniería, económicas y ciencias sociales).

En el estudio de Nelson et al. (135), se evaluó la calidad de los estudios comparativos encontrados en el ámbito de la educación de profesionales de la salud, realizándose una revisión bibliográfica y un meta-análisis sobre los rendimientos del conocimiento inmediato y a largo plazo. Los autores encontraron que los resultados fueron heterogéneos. En el caso del conocimiento inmediato (tras la realización de las clases) se observó que podía haber una diferencia en los resultados de las pruebas a favor de los sistemas con SRA.

Básicamente los autores mostraron que la magnitud del efecto y la significación estadística se ven influenciadas por el diseño del estudio. Los autores ofrecieron evidencia de que los SRA no mostraron diferencias estadísticamente significativas en las puntuaciones entre los grupos experimental y control, ni en la retención del conocimiento inmediato, ni a largo plazo. La única excepción se produce cuando se usan diseños de estudios no

aleatorios en el que se observa una diferencia significativa que favorece a los SRA. No obstante, también se sugirió que los estudios no aleatorios pueden sobreestimar los beneficios de los SRA debido a estos diseños.

Los autores indicaron que la heterogeneidad estadística fue alta, debido a las diferencias en las características de los estudios, como en el tipo de participantes (grupos profesionales o estudiantes), el contenido de las conferencias, los grupos de comparación (si fueron interactivos o no), los profesores y los métodos así como otras características de diseño del estudio como grupos concurrentes o no concurrentes. Por lo que resaltaron la importancia de tener estudios de alta calidad con comparadores equilibrados.

En el estudio de Nathaniel et al. (136), se realizó un meta-análisis sobre los efectos del aprendizaje del uso de tecnologías basadas en SRA en las aulas, con los diferentes resultados de aprendizaje cognitivo (retención, aprendizaje y rendimiento) y no cognitivo (compromiso y participación, interés, percepción de eficacia y percepción de calidad). En este meta-análisis, los tamaños del efecto positivos indican una ventaja asociada con el uso de tecnología basada en SRA.

En primer lugar, encontraron que el uso de SRA produjo pequeños pero significativos efectos sobre el aprendizaje cognitivo y su rendimiento final comparados con los obtenidos en las clases convencionales. Sin embargo, el efecto SRA era insignificante entre ambos grupos cuando se evaluó la retención del conocimiento. En cambio, se encontró un efecto principal más grande cuando se examinaron los efectos SRA sobre los resultados no cognitivos.

En cuanto al uso o no de preguntas en el grupo control, se mostró que se produce un efecto estadísticamente significativo a favor del sistema del SRA cuando los grupos control no utilizan una estrategia preguntas similares a la del grupo experimental. Sin embargo, el efecto SRA era insignificante entre ambos grupos cuando la metodología de preguntas era homóloga en ambos.

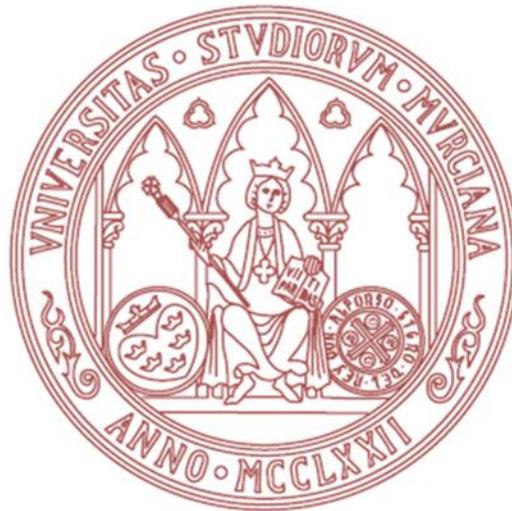
Observaron además que los efectos del uso de la tecnología basada en SRA variaron con el número de alumnos del aula. El mayor efecto de SRA en

los resultados del aprendizaje cognitivo, se observó en la clase de tamaño medio entre 21 y 30 estudiantes, se encontraron menores efectos pero también significativos en clases con mayor número de estudiantes, lo que de forma indirecta sugiere que de hecho podría haber un pequeño beneficio asociado con el uso de tecnologías basadas en SRA en grandes aulas.

En el análisis por áreas de conocimiento se observó que los efectos del SRA para los estudios realizados en las Ciencias Sociales fueron significativamente mayores que en el resto de las áreas de conocimiento. En el caso concreto de las Ciencias de la Salud se mostró que se produce un efecto estadísticamente significativo a favor del sistema del SRA. Por el contrario, el efecto SRA en los resultados del aprendizaje no cognitivos mostraron que no hubo diferencias significativas a través de las categorías de las áreas de conocimiento.

También se observó el efecto del SRA a través de las diferentes características de los estudios evaluados como: fuente de publicación, lugar del estudio, diseño del estudio, y la fidelidad del tratamiento para el análisis de los resultados cognitivos y no cognitivos, respectivamente. Se han encontrado tamaños del efecto estadísticamente significativos a favor del sistema SRA para el aprendizaje cognitivo en los estudios publicados en revistas, así como en tesis analizadas, estudios llevados a cabo en clase, trabajos con diseños no aleatorios, estudios con pretest o sin él y estudios con elevado grado de fidelidad.

Por último, los autores recomiendan que el uso de los sistemas de SRA por parte de los instructores se fomente hacia un orden superior en los objetivos de aprendizaje a través del diseño de preguntas referidas a tareas de aprendizaje que requieren pensamiento crítico, aplicación de conocimientos y síntesis. Para garantizar esto, sin embargo, debe hacerse hincapié en la elección metodológica, así como en el desarrollo



2. JUSTIFICACIÓN HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

2.1. Justificación del trabajo

La aparición del EEES en los países incorporados al proceso de Bolonia como España, han provocado un profundo cambio en la enseñanza universitaria. La necesidad de conseguir adaptar un sistema basado principalmente en la docencia del profesor a otro basado en el aprendizaje del estudiante, pone a prueba las metodologías docentes llevada a cabo hasta ahora, exigiendo un cambio en la mentalidad y en la forma de trabajar de profesores y estudiantes.

La preocupación de ambos en la adaptación al nuevo sistema, les lleva a demandar métodos que les ayuden a afrontar el seguimiento y superación de las asignaturas desde un nuevo punto de vista de aprendizaje totalmente activo para el alumno. Sin embargo, en el ámbito universitario, el elevado ratio entre profesor y alumnos así como la habitual escasez de profesorado, hace prácticamente inviable este tipo de enseñanza que el alumno requiere, dificultando enormemente el seguimiento individual y la tutorización del alumno.

La solución a estos problemas pasa por el uso metodologías más activas, y la incorporación de herramientas docentes como los SRA, que con poco costo y sencillez de manejo, facilitan la comprensión de los conceptos básicos a los estudiantes, los estimula a aprender y a trabajar por sí mismos, y aumenta la motivación y participación en su propio aprendizaje. De este modo se sienten parte integrante e importante en el proceso de enseñanza universitaria, donde hasta ahora ha sido evidente y habitual el distanciamiento entre profesor y alumno, y transforma el proceso de aprendizaje en una experiencia activa, dinámica, participativa y motivadora.

En este trabajo hemos considerado interesante evaluar el efecto que tendría sobre los rendimientos académicos y la satisfacción de los alumnos, la introducción de una herramienta de aprendizaje que comprende un SORIIR con redes neuronales como i-SIDRA más un SRA como SIDRA (www.docentis.inf.um.es/sidra), a lo largo del primer curso académico en la materia de anatomía en los Grados de Medicina y Farmacia. Creemos que el uso combinado de las modalidades de SIDRA tanto en su uso presencial como a distancia, pueden ser de gran interés educativo al incrementar la participación

de los alumnos, aumentando la interactividad y motivación, a la vez que permitirá al profesorado controlar en mayor medida la evolución individualizada de los estudiantes, aspecto que suelen faltar en la docencia tradicional.

2.2. Hipótesis de trabajo para ambos experimentos

Las hipótesis presentadas en este trabajo para ambos experimentos de los Grados de Medicina y Farmacia son:

H1. La retroalimentación diseñada por los instructores y entregada por el sistema i-SIDRA a cada alumno, ayuda a aclarar errores acerca de los temas tratados, por lo que los alumnos que utilizan i-SIDRA aumentan su aprendizaje.

H2. Las calificaciones de los exámenes finales de los estudiantes, cuyo rendimiento mejora con el aumento de la puntuación durante el uso i-SIDRA, serán mayores que las de los otros estudiantes que también utilizaron i-SIDRA.

H3. Los alumnos que utilizando i-SIDRA muestran mejores puntuaciones, alcanzarán mejores calificaciones en el examen final.

H4. Las puntuaciones obtenidas por los estudiantes en el SRA con SIDRA, son mayores que las obtenidas con i-SIDRA.

H5. Las puntuaciones obtenidas por los alumnos en el SRA están relacionadas con las calificaciones del examen final.

H6. Los alumnos que durante el curso han realizado los test de i-SIDRA más un SRA con SIDRA, se encontrarán más motivados a presentarse al examen final que los alumnos que no lo usan (grupo control).

H7. Las calificaciones de los exámenes finales de los estudiantes que usan i-SIDRA más un SRA con SIDRA durante el curso, serán superiores a las de los estudiantes que no lo usan (grupo control).

H8. Los estudiantes están satisfechos y sus percepciones son positivas respecto al uso de i-SIDRA más un SRA con SIDRA.

H9. El uso de i-SIDRA más un SRA con SIDRA en Ciencias de la Salud (Medicina y Farmacia) incrementa el rendimiento académico de los estudiantes del grupo experimental en el examen final, frente al grupo control.

2.3. Objetivos

El objetivo general es evaluar el uso del sistema i-SIDRA más un SRA con SIDRA en los resultados académicos y el grado de satisfacción de los estudiantes de 1ª curso en dos titulaciones de Ciencias de la Salud de la Universidad de Murcia, Medicina y Farmacia.

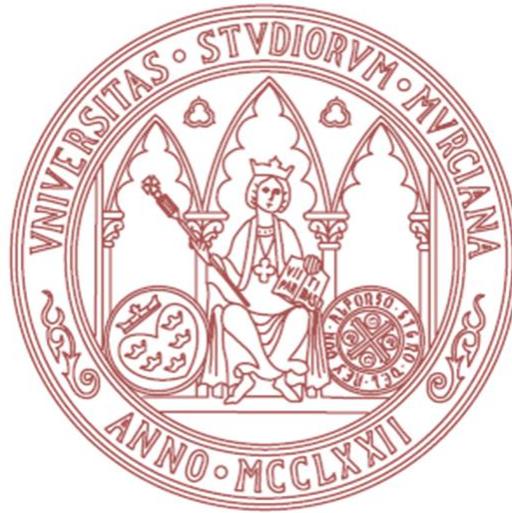
Los objetivos específicos son los siguientes:

1. Valorar si el feedback diagnóstico ofrecido por el sistema de i-SIDRA mejora los resultados de los test (aumentan su aprendizaje) realizados durante el curso, analizando los datos de tiempo, envíos, evolución del número de respuestas correctas entre el primer y el último envío de i-SIDRA.
 2. Analizar si los alumnos que mejoran sus rendimientos durante el uso de i-SIDRA, frente a los que no mejoran, obtienen mejores calificaciones en el examen final, estudiando la media de las diferencias de la puntuación entre el primer y el último envío en las pruebas que se realizan con i-SIDRA.
 3. Determinar si existe una relación entre las puntuaciones obtenidas en i-SIDRA y las calificaciones del examen final, estudiando las correlaciones entre las puntuaciones del último envío de i-SIDRA y la calificación del examen final.
 4. Analizar si existe un aumento del aprendizaje cognitivo mediante la comparación de las puntuaciones obtenidas en las pruebas de SRA con SIDRA y las del último envío de i-SIDRA.
 5. Determinar si los resultados obtenidos en SRA con SIDRA, tras utilizar i-SIDRA, tienen correlación con la puntuación del examen final.
 6. Analizar si los alumnos que usan i-SIDRA más un SRA con SIDRA en Medicina y Farmacia aumentan la tasa de rendimiento respecto al grupo control.
 7. Valorar si los alumnos que usan i-SIDRA más un SRA con SIDRA mejoran su rendimiento académico en los exámenes finales respecto a los
-

estudiantes del grupo control, mediante el análisis de la variable calificaciones medias del examen final de ambos grupos.

8. Valorar mediante una escala tipo Likert (1-5), la satisfacción y percepción de los alumnos sobre el uso de i-SIDRA más un SRA con SIDRA respecto al aprendizaje de conceptos anatómicos, los rendimientos académicos, la facilidad de uso de la herramienta, la utilidad de la aplicación o la valoración sobre los profesores que emplean este sistema entre otros ítems.

9. Analizar mediante un meta-análisis, si el uso de i-SIDRA más un SRA con SIDRA incrementa los rendimientos académicos de los alumnos de Ciencias de la Salud (Medicina y Farmacia).



3. MATERIAL Y MÉTODO

3.1. Población de estudio

Hemos realizado un estudio experimental con los estudiantes de primer curso de los Grados de Medicina y Farmacia de la Universidad de Murcia, matriculados en las asignaturas de Anatomía General y Descriptiva del Aparato Locomotor (código 3498) y Anatomía Humana (código 3118) respectivamente.

El número total de alumnos inicialmente incluidos en el estudio fue de 456 alumnos, entre los estudiantes del Grado de Medicina y Farmacia, sin diferenciar entre sexo, edad, conocimientos informáticos o conocimientos anteriores de la asignatura.

Todos los alumnos pertenecientes al estudio se dividieron aleatoriamente en grupo experimental, que realizó los ensayos con i-SIDRA y SIDRA, y grupo control. Además, en ambos casos, se contó con un grupo adicional de alumnos para el entrenamiento de la red neuronal incorporada en i-SIDRA, y que solo participaron en el estudio a este nivel, no siendo incluidos en ningún otro grupo o actividad.

3.1.1. Descripción de la población en el Grado de Medicina

La población del estudio comprende a los alumnos de primero de Grado de Medicina matriculados el curso 2013-14 en la asignatura Anatomía General y Descriptiva del Aparato Locomotor (código 3498). Se dividieron aleatoriamente en dos grupos, grupo experimental y grupo control, y su docencia fue impartida por distintos profesores. El grupo de alumnos para el entrenamiento de la red neuronal se obtuvo de los estudiantes de primero del Grado de Medicina matriculados en la misma asignatura del curso 2012-13. El flujo de participantes se puede observar en la Figura 3.1.

La asignatura se centra en el estudio de la Anatomía General con un énfasis en la morfología de los sistemas óseos, articulares y musculares. Los estudiantes recibieron 4 horas/semana de clases y 2 horas/semana de prácticas de habilidades durante un periodo de 15 semanas, completando un total de 6 créditos ECTS.

3.1.1.1. Grupo de entrenamiento de la red neuronal

Este grupo lo compusieron un total de 96 alumnos de primero del Grado de Medicina, cuyos únicos requisitos de inclusión eran que estuvieran matriculados en Anatomía General y Descriptiva del Aparato Locomotor durante el curso 2012-13 y que hubieran realizado el examen final de la asignatura que contenía las preguntas del cuestionario empleado en i-SIDRA, con el fin de obtener sus respuestas para el entrenamiento de la red neuronal. A estos alumnos se les impartió una enseñanza tradicional, con prácticas y clases magistrales.

3.1.1.2. Grupo experimental

La muestra inicial fue de 90 alumnos matriculados en primero del Grado de Medicina del curso académico 2013-14, que realizaron cuatro tests de preguntas de opción múltiple requeridos durante todo el experimento, mediante el uso de i-SIDRA más un SRA con SIDRA. Dos de las cuatro pruebas del modo SRA con SIDRA se incorporaron en clases presenciales de asistencia no obligatoria, utilizándose los dispositivos móviles propios de los alumnos y otras dos fueron a distancia a través de internet.

El primer día de clases se organizó una sesión de reclutamiento durante la cual los potenciales participantes fueron invitados a formar parte del experimento y se les proporcionó verbalmente información general sobre el propósito del estudio, solicitándoles su consentimiento oral. Los estudiantes pudieron retirarse del estudio en cualquier momento sin perjuicio de sus resultados académicos.

Los criterios de inclusión, no inclusión y exclusión de los alumnos participantes en el experimento de Medicina fueron:

- Criterios de inclusión:
 - Alumnos matriculados en la asignatura de Anatomía General y Descriptiva del Aparato Locomotor de primer curso del Grado de Medicina del curso 2013-14.
-

- Alumnos que se comprometieron a cooperar en el estudio mediante la realización de los ensayos necesarios y que dieron su consentimiento de forma verbal tras la solicitud por parte del profesor.
- Criterios de no inclusión:
 - Negativa del alumno a participar en el estudio.
- Criterios de exclusión:

Se emplearon únicamente para el análisis entre el grupo control y experimental con respecto al examen final, mientras que para el estudio general de i-SIDRA no se aplicaron estos criterios.

 - Alumnos que no efectuaran al menos 3 de los 4 test realizados a lo largo de la asignatura (lo que corresponde a un 75% del ensayo y de la materia de la asignatura).

Durante el curso, 12 alumnos fueron descartados por criterios de exclusión, quedando finalmente constituido el grupo experimental con un total de 78 alumnos.

3.1.1.3. Grupo control

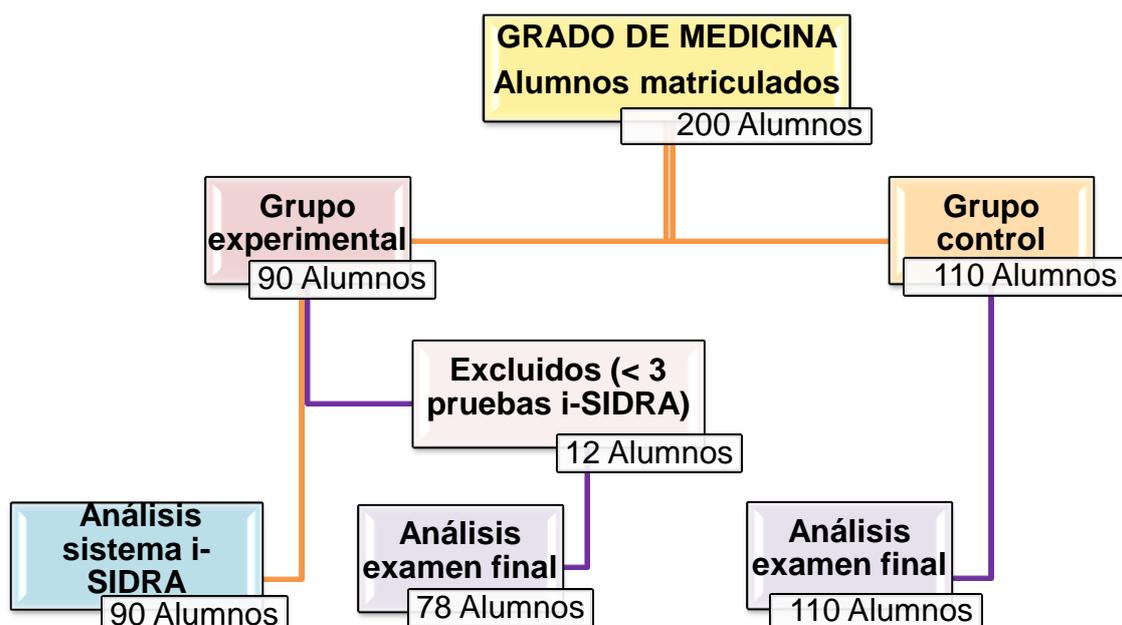


Figura 3.1. Flujo de participantes en el experimento del Grado de Medicina.

Estuvo compuesto por 110 alumnos de primero de Grado Medicina en el curso 2013-14, matriculados en la misma asignatura que el grupo experimental. Estos alumnos tuvieron una enseñanza tradicional, con el mismo temario que el grupo experimental, mediante clases magistrales y prácticas pero sin la realización de ninguna actividad del tipo SIDRA o i-SIDRA.

3.1.2. Descripción de la población en el Grado de Farmacia

La población del estudio incluida en el experimento comprende a los alumnos de primero del Grado de Farmacia matriculados en el curso 2013-14 en la asignatura de Anatomía Humana (código 3118) para el grupo experimental y en el curso 2014-15 para el grupo control. En este último grupo recibieron la misma materia, pero impartida por distinto profesor. El grupo de alumnos para el entrenamiento de la red neuronal se obtuvo de los estudiantes de primero del Grado de Farmacia matriculados en la misma asignatura del curso 2012-13.

Esta asignatura proporciona una visión general de la anatomía completa, centrándose en conocimientos estructurales y funcionales, permitiendo a los estudiantes aprender los conceptos básicos y clínicos de la anatomía, además del uso del lenguaje anatómico que les permita llevar a cabo su labor profesional. Los estudiantes recibieron 3 horas/semana de clases y 1 hora/semana de prácticas de habilidades y 1 hora de seminarios/semana, completando así un total de 6 créditos ECTS durante un período de 15 semanas.

Los alumnos de este experimento fueron seleccionados de dos cursos distintos, debido principalmente al reducido número de alumnos por curso que solo permite la existencia de un grupo (el numerus clausus era de 40 alumnos en el primer año del grado). El flujo de participantes se puede observar en la Figura 3.2.

3.1.2.1. Grupo de entrenamiento de la red neuronal

El grupo de entrenamiento del algoritmo de clasificación estaba compuesto por 52 alumnos de 1ª del Grado de Farmacia. Sus únicos requisitos de inclusión eran que estuvieran matriculados en la asignatura de Anatomía

Humana el curso 2012-13 y que hubieran realizado el examen final de la asignatura que contenía las preguntas del cuestionario empleado en i-SIDRA, con el fin de obtener sus respuestas para el entrenamiento de la red neuronal. A estos alumnos se les impartió una enseñanza tradicional mediante clases magistrales, prácticas y seminarios.

3.1.2.2. Grupo experimental

La muestra inicial fue de 57 alumnos matriculados en primero del Grado de Farmacia del curso académico 2013-14, que comenzaron a realizar los test de preguntas de opción múltiple requeridos durante todo el experimento mediante el uso de i-SIDRA más un SRA con SIDRA en las mismas sesiones presenciales. Los ensayos se realizaron en el horario de seminarios, que eran de asistencia obligatoria, en las aulas de informática de la Facultad de Medicina de la Universidad de Murcia. A los alumnos del grupo experimental se les impartió el temario mediante clases magistrales, prácticas y seminarios.

El primer día de clases se organizó una sesión de reclutamiento durante la cual los potenciales partícipes fueron invitados a formar parte del experimento y se les proporcionó verbalmente información general sobre el propósito del estudio, solicitándoles su consentimiento oral. Los estudiantes pudieron retirarse del estudio en cualquier momento sin perjuicio de sus resultados académicos.

Los criterios de inclusión, no inclusión y exclusión de los alumnos participantes en el experimento de Farmacia fueron:

- Criterios de inclusión:
 - Alumnos matriculados en la asignatura de Anatomía Humana de primer curso del Grado de Farmacia del curso 2013-14.
 - Alumnos que se comprometieron a cooperar en el estudio mediante la realización de los ensayos necesarios y que dieron su consentimiento de forma verbal tras la solicitud por parte del profesor.
 - Criterios de no inclusión:
 - Negativa del alumno a participar en el estudio.
-

- Criterios de exclusión:

Se emplearon únicamente para el análisis entre el grupo control y experimental con respecto al examen final, mientras que para el estudio general de i-SIDRA no se aplicaron estos criterios.

- Alumnos que no efectuaran al menos 3 de los 4 test realizados a lo largo de la asignatura (lo que corresponde a un 75% del ensayo y de la materia de la asignatura).

Durante el curso, 11 alumnos fueron descartados por criterios de exclusión, quedando finalmente constituido el grupo experimental con 46 alumnos.

3.1.2.3. Grupo control

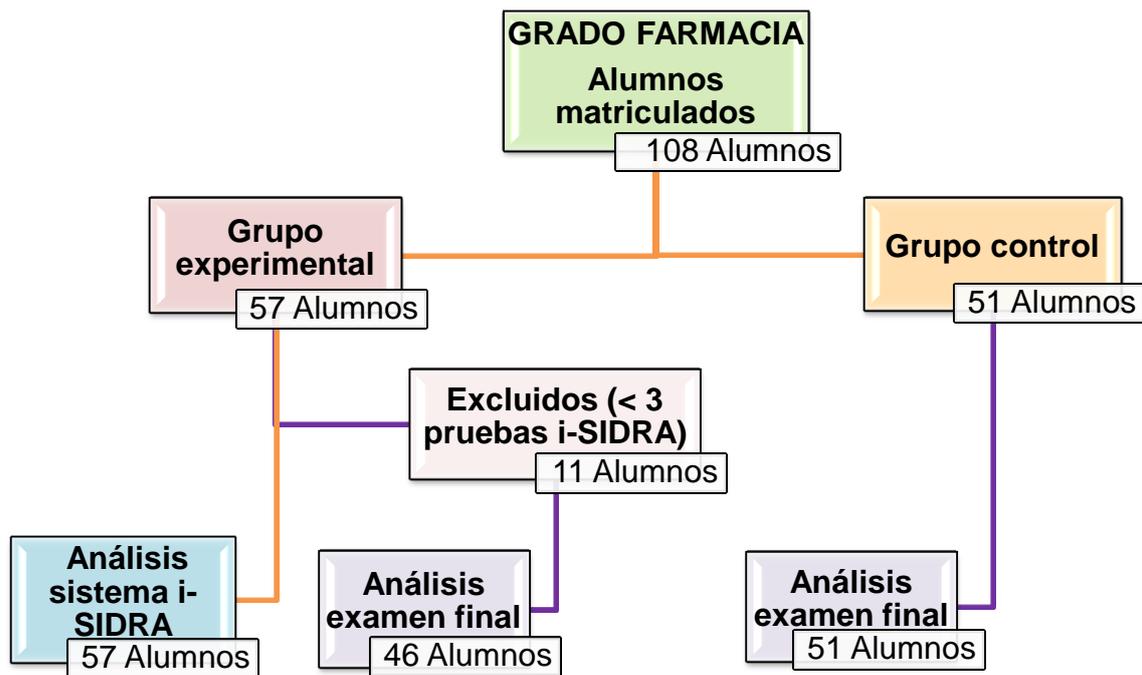


Figura 3.2. Flujo de participantes en el experimento del Grado de Farmacia

Este grupo estaba compuesto por 51 alumnos de primero de Grado de Farmacia en el curso 2012-13, matriculados en la asignatura Anatomía Humana. A estos alumnos se les impartió una enseñanza tradicional mediante clases magistrales, prácticas y seminarios, con el mismo temario que al grupo experimental, sin la realización de ninguna actividad del tipo SIDRA o i-SIDRA.

3.2. Material

3.2.1. Componentes del sistema SIDRA

- Un servidor centralizado, al que se conectan todos los participantes, tanto profesores como alumnos. Este ordenador recoge en una base de datos toda la información relacionada y generada durante los ensayos, para su posterior consulta y análisis. La interfaz del encuestador está disponible para que el profesor pueda preparar los cuestionarios, corregir preguntas, consultar información, introducir datos, entre otras operaciones. Sin embargo, la interfaz del alumno no está disponible de forma continua, solo durante un periodo concreto y determinado tras haber sido activado por el instructor para contestar los cuestionarios.
- Una aplicación web que permite el acceso al sistema desde cualquier dispositivo que disponga de un navegador y conexión a internet, tanto como encuestador o encuestado. El encuestador puede gestionar toda la información de sistema, introduciendo, corrigiendo o eliminando datos almacenados, además de generar preguntas que serán lanzadas a los encuestados. Los alumnos solo pueden acceder a los cuestionarios activos, enviar sus respuestas y recibir información a modo de retroalimentación en la modalidad i-SIDRA.
- Aplicación móvil que permite agilizar el uso del sistema en smartphones y tablets. Se puede descargar en Google Play para dispositivos Android o en Apple Store para dispositivos iOS. La aplicación también se encuentra disponible para BlackBerry, Firefox Os y Windows Phone. Esta aplicación permite a los encuestados responder a todos los cuestionarios lanzados, mientras que los encuestadores pueden crear, lanzar o consultar los resultados de las pruebas si los cuestionarios se realizan en ciertas modalidades. No obstante, en próximas versiones se prevé ampliar las opciones de la aplicación móvil a todas las modalidades posibles ofrecidas en la web.

- Por último, el sistema SIDRA almacena y mantiene en “la nube” la información de sus usuarios, en todo momento, con lo que se encuentra disponible de forma permanente.

3.2.2. Material necesario para utilizar SIDRA e i-SIDRA

- El profesor dispondrá de un ordenador personal, con un navegador en cualquier sistema operativo Linux, Windows u OS X, para lanzar el test, consultar la información sobre el desarrollo de la actividad en cualquier momento y mostrar los resultados en las pruebas presenciales con el modo SRA con SIDRA.
 - El equipo debe disponer de conexión a internet donde se desee utilizar el sistema. En el caso de actividades presenciales en el aula, ésta también debe disponer de conexión Wifi para proporcionar acceso a internet a los aparatos utilizados por los alumnos. No obstante, en el caso de los dispositivos móviles, se puede utilizar la conexión propia a internet a través de redes como 3G disponibles en los propios dispositivos.
 - Cada alumno dispondrá de un dispositivo electrónico (ordenador, smartphone o tablet) para realizar las pruebas de forma individual.
 - Un proyector y pantalla, para que los alumnos puedan visualizar las cuestiones propuestas y los resultados de las respuestas realizadas por los alumnos en el modo SRA con SIDRA presencial.
 - El profesor necesita una cuenta de administrador para gestionar las actividades y el alumno requiere de una cuenta de acceso para poder realizar la prueba y contestar al cuestionario propuesto.
 - Cada cuestionario tiene un identificador único. Los alumnos precisan conocer este código alfanumérico para acceder al cuestionario que ha sido creado y lanzado por el profesor.
-

3.3. Descripción del uso de SIDRA e i-SIDRA

A continuación, se describe, de modo general, el procedimiento para el uso de SIDRA e i-SIDRA. Para más información, se puede consultar el manual de la aplicación SIDRA (108), donde se describe detalladamente la herramienta y como se utilizan las opciones presentes en el sistema SIDRA.

3.3.1. Acceso general al sistema

El sistema SIDRA se haya disponible en la dirección <https://docentis.inf.um.es/sidra/>. De modo general, el acceso al sistema se realiza de la siguiente forma:

- 1) Como encuestador. Para acceder como instructor al sistema el profesor debe conseguir que el sistema le asigne una cuenta de administrador. Para ello, se debe inscribir en SIDRA rellenando un formulario en línea (en el área “Inscripción”) de forma gratuita. El instructor entonces recibe las credenciales de su cuenta de administrador en la dirección de correo electrónico correspondiente. En un escenario típico, un instructor puede crear una prueba con preguntas de opción múltiple, para un grupo de alumnos determinado, utilizando una cuenta en el área de “acceso” en el sitio encuestador/profesor. Durante una clase o durante el periodo de acceso acordado para la realización de la prueba, el instructor activa o lanza la prueba creada con anterioridad, lo que permite a los alumnos responder a las cuestiones propuestas.
- 2) Como encuestado. El estudiante podrá acceder al sistema para realizar los cuestionarios utilizando, en el área de acceso, el botón encuestado/alumno. El acceso se realizará de forma directa, tras introducir el código asignado al cuestionario, si la versión utilizada es anónima. Sin embargo, si el cuestionario se lleva a cabo en la versión de usuario registrado, el alumno además, tendrá que identificarse para acceder a la prueba. Para ello, el instructor deberá haber introducido con antelación a la prueba los datos de los alumnos participantes en el sistema y este envía por correo electrónico las credenciales a cada alumno para acceder al cuestionario.

3.3.2. Uso del modo SRA con SIDRA

Asumiendo que el encuestador ya dispone de una cuenta de administrador, puede comenzar a gestionar y manejar el sistema. En un escenario típico, la secuencia sería: 1) preparación del cuestionario, 2) lanzamiento del cuestionario, 3) respuesta de los alumnos, 4) recepción y análisis de las respuestas, 5) visualización de los resultados.

Paso 1. Preparación del cuestionario

El encuestador debe meditar en primer lugar, qué temas o conceptos clave desea introducir y mostrar a los alumnos durante el desarrollo de la clase. Posteriormente, seleccionará un número de cuestiones de opción múltiple, que introducirá manualmente en el sistema, tanto los enunciados como sus opciones. Hay que destacar que la herramienta permite el uso de textos, imágenes o vídeos, de forma indistinta, en las posiciones del enunciado o de las opciones de cada pregunta. Una vez introducido el cuestionario, el sistema le asigna un código de identificación específico. Por último, antes de ser lanzado el cuestionario, se deben ajustar ciertas variables como:

- Modo anónimo, o con usuario registrado. La realización del cuestionario en modo anónimo supone la participación de cualquier individuo sin conocer su identidad, mientras que con usuario registrado, el encuestado debe introducir sus credenciales para poder participar
- Modo guiado o no guiado. Se refiere al funcionamiento del sistema con o sin la intervención del profesor en el transcurso de la prueba. En el modo guiado el encuestador es el que marca los tiempos en el desarrollo de la actividad a través de su acción directa, mientras que el no guiado, la actividad se realiza de forma automatizada sin ningún tipo de intervención del profesor una vez lanzado el cuestionario y hasta su finalización.

Paso 2. Lanzamiento del cuestionario

Para poder comenzar la prueba, el instructor debe activar la opción de lanzamiento en el sistema, para permitir que el cuestionario se encuentre

disponible en red, permitiendo el acceso al test desde la interfaz del alumno. El cuestionario estará abierto solo durante el periodo que se especifique con antelación o hasta que se desactive la opción de forma manual.

Paso 3. Respuesta de los alumnos

Una vez los alumnos se introducen en la interfaz del encuestado, se le solicita el código de identificación del cuestionario que se va a realizar (información suministrada por el encuestador/profesor). Además, si la modalidad del cuestionario requiere usuario registrado, también se les solicitará sus credenciales para identificar al autor de la respuesta.

Una vez comenzada la prueba, el alumno recibirá en su dispositivo la pregunta y las opciones de respuesta. También es habitual mantenerlas visibles en el proyector del aula. El alumno seleccionará una de las opciones ofrecidas por cada pregunta realizada en el cuestionario, en el intervalo de tiempo establecido por el instructor.

En la interfaz del alumno, aparecerá una indicación del estado de su respuesta a cada pregunta con un código de color: rojo (no se puede responder), verde (se puede responder) o azul (ya se ha respondido, incluyendo la respuesta elegida). De esta manera, el alumno conoce en todo momento lo que sucede con su respuesta, pudiendo identificar posibles errores en la selección de esta.

Paso 4. Recepción y análisis de la respuesta

El servidor de SIDRA recibe las respuestas de los alumnos de forma inmediata, las compara con la respuesta correcta, registra el tiempo empleado de cada alumno y una vez concluido el periodo de respuesta analiza los datos recibidos.

Paso 5. Visualización de los resultados

Una vez concluido el proceso, SIDRA muestra en la pantalla de proyección la información de los resultados obtenidos en forma de porcentajes de las respuestas por opción. Además, el profesor o encuestador puede

resaltar la opción correcta, y ofrecer una representación gráfica de los resultados o tiempo medio de respuesta, entre otros datos de interés.

3.3.3. Uso de SIDRA en modo i-SIDRA

De modo general, el proceso de preparación, desarrollo y obtención de datos en el sistema i-SIDRA, consta de los siguientes pasos: 1) recopilación de datos para el entrenamiento de la red neuronal; 2) capacitación o entrenamiento de la red neuronal; 3) introducción de las preguntas de opción múltiple en i-SIDRA; 4) redacción e inclusión de los feedback en i-SIDRA; 5) lanzamiento del test; 6) realización de la prueba por los alumnos; 7) obtención de los resultados.

Paso 1. Recopilación de datos para el entrenamiento de la red neuronal

El primer paso consiste en la elaboración, por parte de los instructores, de un cuestionario con preguntas de opción múltiple, que será realizado en primer lugar por un grupo de alumnos. Las respuestas a este cuestionario en forma de patrones de entrada se utilizarán para entrenar la red neuronal.

Los patrones de entrada se obtienen codificando cada una de las respuestas que los estudiantes realizan en una forma binaria. Por ejemplo, para una prueba de cinco opciones, con las respuestas A), B), C), D) y E), una posible codificación es: A- 00001, B- 00010, C- 00100, D- 01000 y E- 10000. La Tabla 3.1. muestra cinco ejemplos de respuestas codificadas para un test de seis preguntas de opción múltiple.

Tabla 3.1 Patrones de entrada codificados y clasificados en dos grupos G1 y G2. R: Respuesta; G: Grupo generado por la red neuronal.

R	G	Respuesta	Respuesta codificada
R1	G1	[A, A, B, C, D, E]	[0,0,0,0,1,0,0,0,0,1,0,0,0,0,1,0,0,0,0,1,0,0,0,0,1,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0]
R2	G1	[A, A, D, A, E, A]	[0,0,0,0,1,0,0,0,0,1,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,1,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1]
R3	G1	[A, B, E, D, E, A]	[0,0,0,0,1,0,0,0,1,0,1,0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,1]
R4	G2	[B, C, E, A, B, C]	[0,0,0,1,0,0,0,1,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,1,0,0,0,1,0,0]
R5	G2	[B, A, D, A, B, C]	[0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,1,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,1,0,0,0,1,0,0]

R: Respuesta; G: Grupo generado por la red neuronal.

Paso 2. Capacitación o entrenamiento de la red neuronal

Para cada prueba, la red neuronal aprende a agrupar (clustering) los patrones de entrada basándose en sus similitudes y diferencias. Los grupos generados representan diferentes estados de conocimientos sobre las cuestiones formuladas en la prueba. Los grupos de respuestas comparten los mismos o similares errores y conocimiento. Por ejemplo, como aparece reflejado en la Tabla 3.1., se observa que el grupo G1 formado por R1, R2 y R3, tiene en común la opción A a la pregunta 1 y el grupo G2 formado por R4 y R5 tienen en común la opción B a la pregunta 1, la A a la pregunta 4, la B a la pregunta 5 y la C a la pregunta 6, mientras que el resto de respuestas varían dentro del grupo.

Un buen entrenamiento de la red neuronal depende del uso de datos representativos como patrones de entrada. El número de grupos formados para cada prueba, llamados también estados de conocimiento, depende de la variación en las respuestas de los estudiantes. Habitualmente se obtiene un número de grupos de respuestas similares relativamente pequeño y manejable.

Paso 3. Introducción de las preguntas de opción múltiple en i-SIDRA

Los instructores una vez registrados en el sistema i-SIDRA, pueden crear los test que deseen usando la interfaz web encuestador/profesor diseñada para ellos en i-SIDRA.

Las preguntas introducidas para realizar los cuestionarios utilizados por el grupo experimental objeto de estudio, deben de ser las mismas que las utilizadas en el entrenamiento de la red neuronal.

Paso 4. Redacción e inclusión de los feedback en i-SIDRA

Para la introducción de la información de la retroalimentación o feedback en el sistema i-SIDRA, se utiliza una ventana de edición. El feedback (texto explicativo, imagen o video) se debe formular de modo que no se revele la respuesta correcta o incorrecta, e incluso, que no se indique a que pregunta se refiere el feedback recibido.

El feedback se puede diseñar y realizar como el instructor considere adecuado. El objetivo es conseguir que la información aportada transmita los datos necesarios para que tras responder incorrectamente a las preguntas, el alumno pueda reflexionar y cambiar dichas respuestas para cumplimentar correctamente el cuestionario, alcanzando así el estado de conocimiento perfecto.

Una vez introducida la información necesaria para realizar el feedback, el sistema i-SIDRA genera automáticamente los diferentes feedback para cada grupo o estado de conocimiento obtenido en el paso 2. Para llevar a cabo esta tarea, el sistema i-SIDRA utiliza la plantilla de respuestas o clustering de los estudiantes asociados a cada grupo y el feedback preparado por los instructores. Por ejemplo, en el caso de la plantilla "A, A/B, B/D/E, A/C/D, D/E, A/E" para el grupo G1 en la Tabla 3.1., los estudiantes respondieron A a la primera pregunta, A o B a la segunda pregunta y así sucesivamente. Por lo tanto recibirán los feedback diagnóstico correspondientes a cada respuesta incorrecta asociada a ese grupo o estado de conocimiento.

Una vez identificados los grupos, el instructor puede analizarlos y obtener una visión de los conceptos mal comprendidos en un grupo específico. Esto puede ayudarle a formular un feedback más adecuado para proporcionar orientación a los estudiantes y alentarlos a estudiar en lugar de proporcionarles las respuestas correctas.

Paso 5. Lanzamiento del test

Para que en el sistema i-SIDRA los cuestionarios estén activos y disponibles para los alumnos en la interfaz web o móvil, los instructores deben activar el lanzamiento de los cuestionarios, ya sea de forma continua hasta que el instructor desactive la opción manualmente, o mediante la activación remota y automática, en el que se establece un periodo de tiempo determinado.

Paso 6. Realización de la prueba por los alumnos

Una vez lanzado el test, el alumno comienza a responder y tras completar el cuestionario envía su respuesta. El sistema recoge la información inmediatamente y clasifica las respuestas del alumno asociándolo a un grupo

patrón o estado de conocimiento para devolverle un feedback diagnóstico asociado específico. De esta forma, se proporciona a cada estudiante una ayuda concreta y particular para suplir sus carencias de conocimientos y para que pueda resolver las preguntas.

Los estudiantes completarán el test tantas veces como sea necesario, hasta concluir la prueba al finalizar el tiempo establecido para el ensayo o hasta que todas las preguntas se contesten correctamente, alcanzando en este caso el estado de conocimiento perfecto.

Paso 7. Obtención de los resultados

Al final de la sesión, i-SIDRA muestra al profesor los datos recogidos de los alumnos participantes, como número de envíos, estados de conocimiento, diagramas de estados de conocimiento individual o general, número de respuestas correctas o tiempo medio por envío, entre otros. Toda la información suministrada se puede utilizar no solo para analizar el progreso de los estudiantes de forma general o individual sino también para identificar conceptos erróneos que puedan ser redirigidos en posteriores debates o tutorías personales. Además proporciona al profesor o instructor información general sobre la efectividad del feedback aportado.

Los datos recogidos también se pueden utilizar a modo de autoanálisis de la eficacia de los feedback asociados al estado de conocimiento, mediante la identificación de aquellos estados de conocimiento bloqueantes. En estos estados de conocimiento el número de respuestas correctas no aumenta considerablemente después de enviar y reenviar los feedback en varias ocasiones, por lo que el estudiante se suele mantener en el mismo estado tras varios envíos.

Esto puede ser observado de una manera sencilla e intuitiva en los diagramas de estados de conocimiento. En la Figura 3.3. se muestra un ejemplo que presenta la tendencia global o colectiva en la evolución de todos los alumnos participantes en una prueba y se pueden distinguir aquellos estados de conocimiento con problemas, como por ejemplo el estado 9 con un elevado número de auto transiciones. Tenemos que indicar que durante la

realización del estudio la opción de creación de diagramas no estaba disponible en la aplicación SIDRA, por lo que la representación de estos se ha diseñado y realizado realizar manualmente.

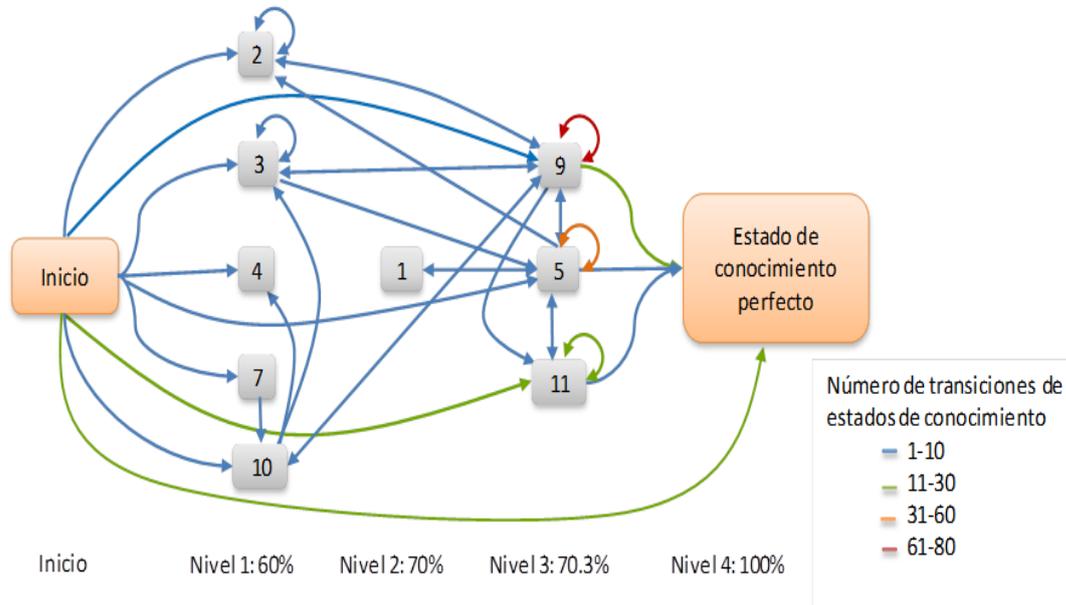


Figura 3.3. Diagrama de estados de conocimiento general o colectivo de una prueba.

Los diagramas de estados de conocimiento constan de:

- Estados de conocimiento empleados en la prueba. Que representan los agrupamientos o clustering de las respuestas realizadas por la red neuronal tras su entrenamiento.
- Las transiciones realizadas y su sentido. Se representan con código de colores que indica, en intervalo, las veces que han tenido lugar una transición o auto transición.

La auto transición es un tipo de transición especial en la que el estado de conocimiento destino es el mismo que el estado de origen.

Si esta situación se repite considerablemente, al estado afectado se le considera un estado bloqueante.

- Niveles o capas de los estados de conocimiento. Cada nivel consta de los estados de conocimiento que tienen en común todas sus transiciones entrantes o salientes (excepto las auto transiciones).

En los diagramas se pueden encontrar varias capas: 1) capa inicial que reciben transiciones del primer envío y que no alcanzan el estado de conocimiento perfecto, 2) capa avanzada que consta de los estados que llegan al estado de conocimiento perfecto (aunque también pueden tener transiciones del primer envío), 3) capa intermedia que contiene estados que solo reciben y realizan transiciones a otros estados de conocimiento.

Además se les asocia un valor que representa la media de las preguntas correctas o puntuación en porcentaje de todos los estados de conocimiento incluidos en el nivel correspondiente.

Actualmente la herramienta dispone de la opción de la presentación de los diagramas de estado de conocimiento, tanto individual como general o colectivo, donde se puede observar la evolución de los alumnos durante los ensayos a través de los cambios en los grupos de conocimiento de forma esquemática y muy intuitiva (Figura3.4.).

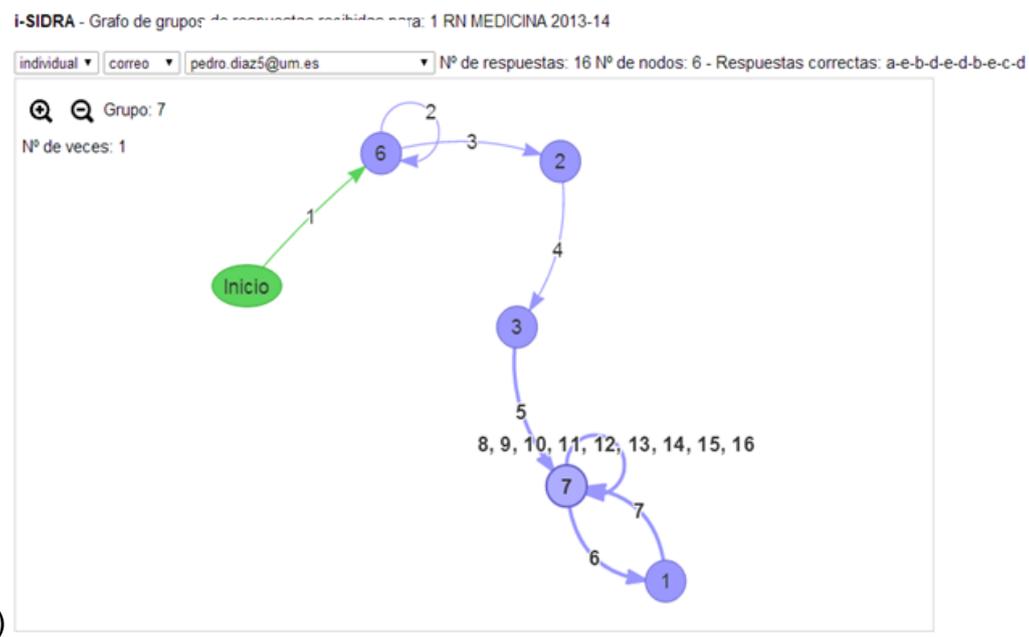
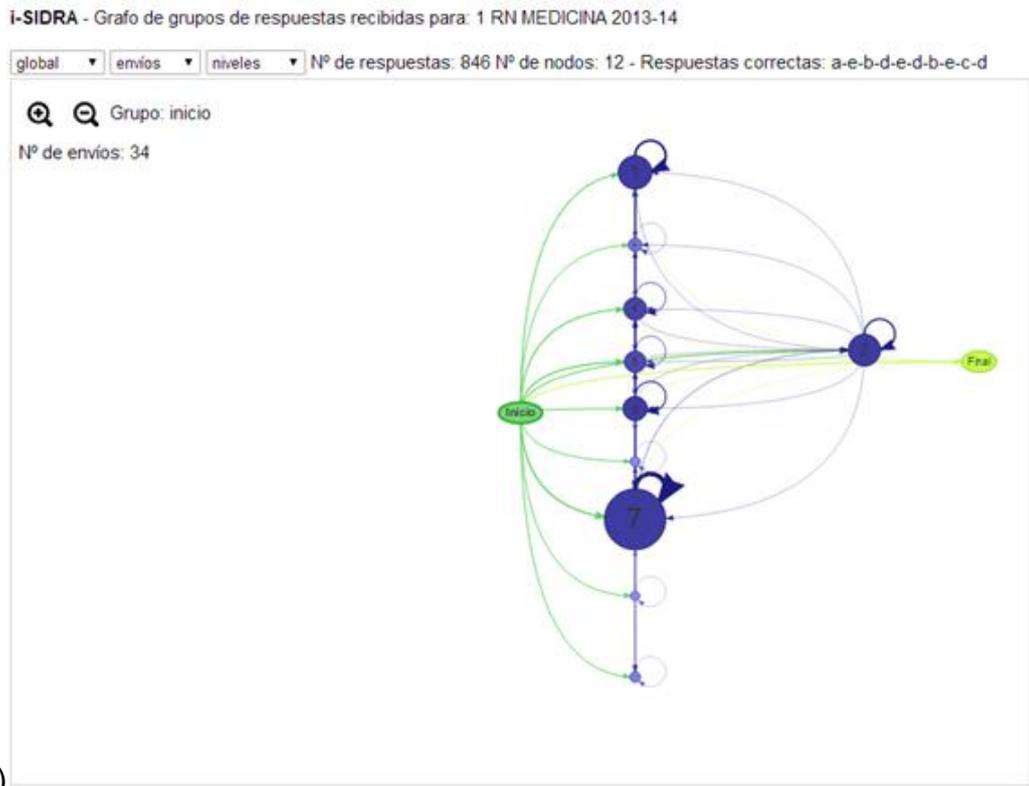


Figura 3.4. Diagramas de estados de conocimiento con representación global e individual, creado por la aplicación i-SIDRA.

a) Representación global, donde el un mayor grosor del nódulo indica un mayor número de transiciones

b) Representación individual, donde se muestran los estados de conocimiento utilizados y el orden o secuencia seguidos en las transiciones realizadas por el alumno.

3.4. Método

3.4.1. Descripción del diseño de los experimentos

En el grupo experimental de cada titulación se realizaron dos sesiones presenciales antes del inicio de los ensayos de cada experimento. Una primera sesión donde se informó a los alumnos de la realización del estudio y se solicitó su consentimiento y una segunda sesión donde, se les instruyó e informó verbalmente sobre el uso de SIDRA e i-SIDRA y las tareas a realizar, en una breve presentación en el aula en la que se impartieron las clases de anatomía. Además, se enviaron a sus correos electrónicos unos protocolos sencillos con instrucciones básicas para el uso de la aplicación SIDRA en modo SRA e i-SIDRA.

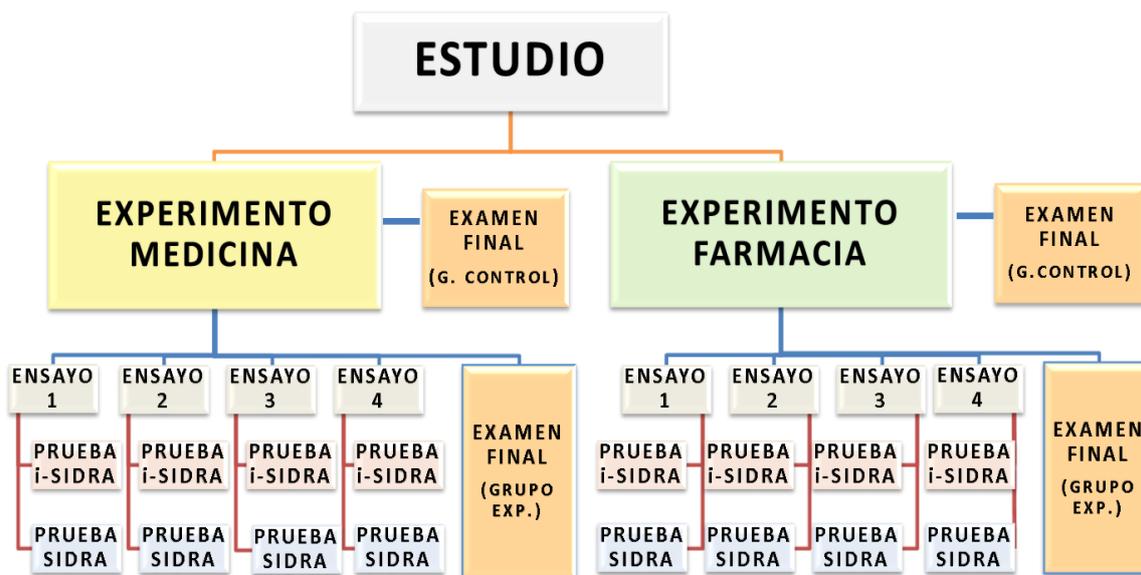


Figura 3.5. Esquema del estudio. ensayos, pruebas y exámenes realizados en los experimentos de los Grados de Medicina y Farmacia.

En cada uno de los dos experimentos (Figura 3.5.), los alumnos del grupo experimental pudieron realizar cuatro ensayos, en distintos momentos a lo largo del curso, que contenían cada uno la materia resultante de la división de todo el temario en cuatro bloques. Los ensayos se llevaron a cabo tras la explicación en clase por parte del profesor del temario incluido en cada uno de los bloques, abarcando los cuestionarios solamente la parte del temario correspondiente.

En cada ensayo se utilizaron dos sistemas de enseñanza presentes en la aplicación SIDRA. Primero se realizó una prueba con i-SIDRA y posteriormente se efectuó otra prueba de SRA con SIDRA.

Cada prueba, tanto de i-SIDRA como de SIDRA, contenía un test o cuestionario que los alumnos debían responder. Los cuestionarios de ambas pruebas eran idénticos dentro de cada ensayo.

Una vez finalizados todos los ensayos del curso, los alumnos realizaron el examen final de la asignatura correspondiente, y sus calificaciones fueron comparadas con las obtenidas por el grupo control que no realizó ninguna actividad con estos sistemas.

Los datos se recogieron en cuatro momentos durante el estudio:

1. Antes del comienzo del estudio se obtuvieron del campus virtual de la Universidad de Murcia (Aula virtual) los datos de filiación necesarios para registrar a los alumnos en el sistema (nombre y apellidos, DNI y correo electrónico).
 2. Durante el experimento se recopilaron los resultados de las cuatro pruebas o ensayos, realizados con preguntas de opción múltiple sobre los temas incluidos en cada uno de los cuatro bloques temáticos relativos al contenido de la asignatura. Se recogieron datos de los estudiantes del grupo experimental usando los sistemas i-SIDRA y SIDRA. El grupo control también tuvo acceso a la información relativa a los contenidos de la asignatura, mediante la exposición en clase magistral con participación activa.
 3. Al final del experimento se recogieron los datos obtenidos a través de un cuestionario de satisfacción, con una escala tipo Likert de cinco puntos, para valorar la experiencia de los estudiantes durante el uso de i-SIDRA y SIDRA.
 4. Después de los exámenes se obtuvieron las notas del examen final que tuvo lugar en la convocatoria oficial de la asignatura, tanto para el grupo control como para el experimental.
-

El método empleado se estructuró de la siguiente forma:

3.4.2. Fase preparatoria de la materia del Grado de Medicina y Farmacia

3.4.2.1. Materia del Grado de Medicina

Al comienzo de la preparación del experimento fue necesario fraccionar el temario de la asignatura de Medicina en cuatro bloques temáticos, para adaptar la materia a la realización de los cuatro ensayos, repartidos a lo largo del curso académico. La división del temario se realizó de la siguiente manera:

- Bloque 1: Introducción a la anatomía macroscópica y anatomía musculoesquelética del tronco (tórax, abdomen y pelvis).
- Bloque 2: Anatomía musculoesquelética del miembro superior.
- Bloque 3: Anatomía musculoesquelética del miembro inferior.
- Bloque 4: Anatomía musculoesquelética de la cabeza y el cuello.

Para los 4 ensayos previstos con SIDRA, i-SIDRA y su entrenamiento, se crearon 4 cuestionarios. Cada cuestionario contenía 10 preguntas de opción múltiple con una respuesta correcta posible. Estas preguntas se obtuvieron a través de una selección meticulosa sobre un grupo de preguntas obtenidas de los exámenes finales de los alumnos de primer curso de Grado Medicina matriculados en el curso 2012-13.

3.4.2.2. Materia del Grado de Farmacia

La división del temario en este caso se realizó de la siguiente manera:

- Bloque 1: Introducción a la anatomía general y anatomía musculoesquelética del tronco (tórax, abdomen y pelvis) y miembro superior.
 - Bloque 2: Anatomía musculoesquelética de la extremidad inferior y vísceras torácicas y abdominales.
 - Bloque 3: Anatomía musculoesquelética y vísceras de cabeza y cuello.
-

- Bloque 4: Introducción al sistema nervioso.

Para los 4 ensayos con SIDRA, i-SIDRA y su entrenamiento, se crearon 4 cuestionarios que contenían 11, 10, 13 y 10 preguntas de respuesta de opción múltiple con una respuesta correcta posible (ensayos 1, 2, 3 y 4 respectivamente). Estas preguntas se obtuvieron a través de una selección meticulosa sobre un grupo de preguntas obtenidas de los exámenes finales de los alumnos de primer curso del Grado de Farmacia matriculados en el curso 2012-13.

Todas las preguntas del examen final de ambos experimentos, se agruparon en función del bloque temático al que pertenecían y se seleccionaron minuciosamente aquellas preguntas de interés para incluir en el cuestionario según el profesor de la materia. Además, las preguntas se redactaron tomando en consideración las recomendaciones relativas a directrices aceptadas en la formulación de preguntas de opción múltiple (137).

3.4.3. Fase de preparación del sistema i-SIDRA: Entrenamiento de la red y feedback.

Para la validación y uso de la red neuronal como la incorporada en i-SIDRA, es necesaria la realización de un buen entrenamiento anterior con patrones de entrada que contengan datos representativos que ayuden a la red neuronal a organizar su respuesta.

3.4.3.1. Entrenamiento de la red

Los cuestionarios fueron realizados primeramente y de forma escrita, por el grupo de alumnos para el entrenamiento de la red neuronal. Las respuestas obtenidas se utilizaron para la obtención de grupos de respuestas similares.

Los patrones de entrada se lograron codificando cada una de las respuestas que los estudiantes realizaron en forma binaria. Para cada prueba, la red neuronal aprendió a agrupar los patrones de entrada basándose en sus similitudes y diferencias (clustering). Los grupos generados representaban diferentes estados de conocimientos sobre las cuestiones formuladas en la prueba. Los grupos de respuestas compartieron los mismos o similares errores

y conocimiento. En la Tabla 3.2. se puede ver como se formaron los grupos o estados de conocimiento en función de las contestaciones a las preguntas propuestas en el cuestionario.

Tabla 3.2. Grupos o estados de conocimiento generados en función de las respuestas al cuestionario en la segunda prueba (Grado de Farmacia).

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
G 1	b,c	b,c	c	b,c	a,d	b,c	b,c,d	a,b	b	a
G 2	b,c	a,b,d	b,c	a,b	a,c,d	b,c,d	c,d	b	b,d	a,b,c
G 3	a,b,c	*	b,c,d	b	a,c,d	b,c,d	b,c,d	b,d	a,b	*
G 4	b,c	b	d	b,d	a	a,c	b,c,d	b	a,b	b,d
G 5	a,b,c	b,d	c,d	a,c,d	d	a,c	d	b	a,b	b
G 6	b	a	b,c	c	a,d	b	d	d	b	b,c
G 7	b,c,d	b	a,c	b	a,d	b	d	b,d	b	c

*cualquier respuesta

P: preguntas; G: Grupos generado por la red neuronal

3.4.3.2. Elaboración del feedback

Una vez las preguntas y respuestas del cuestionario fueron establecidas, el profesor preparó el feedback necesario para la red neuronal de i-SIDRA.

Los feedback se diseñaron para facilitar la comprensión y reflexión de los temas tratados a modo de guía, consejo u orientación. Su finalidad fue la de redirigir los conceptos mal comprendidos que podrían causar las respuestas incorrectas comunes para cada grupo patrón. El feedback fue formulado de tal forma que no se reveló la respuesta correcta, incluso, no se indicaba a que pregunta se refería el feedback recibido.

El feedback más básico y principal es el “feedback atómico”, que solo es visible por el profesor y que fue elaborado de forma específica para cada opción de cada pregunta incluida en el cuestionario. Estos “feedback atómicos” pueden ser (Figura 3.6):

a. Feedback globales, en los que un texto o imagen se asocian a todas las respuestas de la pregunta en cuestión.

b. Feedback por opción, que consiste en la asignación de texto o imagen específico para cada una de las respuestas incorrectas contenidas en la pregunta.

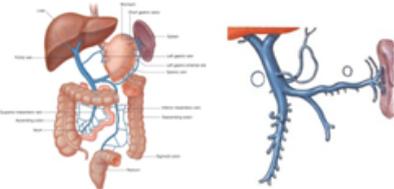
PREGUNTA	FEEDBACK POR RESPUESTA	FEEDBACK ATÓMICO	FEEDBACK GLOBAL
<p>1 ¿Cuál de estos lig. Limita la anteversión del fémur?</p> <p>a Ileo femoral (fascículo lateral)</p> <p>b Ileo femoral (fascículo medial)</p> <p>c Pubo femoral</p> <p>d Ileo femoral</p> <p>e Ninguno de ellos</p> <p>2 El agujero infrapiriforme se forma entre:</p> <p>a Músculo piramidal y escotadura ciática menor</p> <p>b Músculo piramidal y lig. Sacroespinoso (sacrociático menor)</p> <p>c Ligamentos sacrotuberoso (sacrociático mayor) y sacroespinoso</p> <p>d Las dos partes del lig. Sacrotuberoso</p> <p>e Músculo piramidal y eminencia ileopectínea</p>	<p>La anteversión o flexión del muslo sobre el tronco no se ve limitada por ninguno de estos ligamentos ya que están enrollados en la extensión, y limitan ese movimiento, y se desenrollan en la flexión, permitiendo una mayor amplitud de movimiento.</p> <p>La anteversión o flexión del muslo sobre el tronco no se ve limitada por ninguno de estos ligamentos ya que están enrollados en la extensión, y limitan ese movimiento, y se desenrollan en la flexión, permitiendo una mayor amplitud de movimiento.</p> <p>La anteversión o flexión del muslo sobre el tronco no se ve limitada por ninguno de estos ligamentos ya que están enrollados en la extensión, y limitan ese movimiento, y se desenrollan en la flexión, permitiendo una mayor amplitud de movimiento.</p> <p>La anteversión o flexión del muslo sobre el tronco no se ve limitada por ninguno de estos ligamentos ya que están enrollados en la extensión, y limitan ese movimiento, y se desenrollan en la flexión, permitiendo una mayor amplitud de movimiento.</p> <p>La escotadura ciática mayor (transformada en agujero por los lig. Sacrotuberoso y sacroespinoso) posee dos agujeros, el suprapiriforme y el infrapiriforme, por el paso del músculo piramidal al penetrar en la región glútea. La escotadura ciática menor, es inferior al agujero ciático mayor, y se establece también entre ambos ligamentos pero sin relación con el músculo piramidal.</p> <p>La escotadura ciática mayor (transformada en agujero por los lig. Sacrotuberoso y sacroespinoso) posee dos agujeros, el suprapiriforme y el infrapiriforme, por el paso del músculo piramidal al penetrar en la región glútea.</p> <p>El ligamento sacrotuberoso limita el agujero ciático y junto con el lig. Sacroespinoso, se conforman los agujeros ciático mayor (superior) y el agujero ciático menor (inferior) Recuerda que la eminencia ileopectínea se encuentra en la rama superior del pubis y no tiene relación con el músculo piramidal.</p>		

Figura 3.6. Feedback atómicos de la tercera prueba del Grado de Medicina (visión profesor).

- La laringofaringe o hipofaringe corresponde a la porción inferior de la faringe, situada posteriormente a la laringe, y se comunica con el esófago.
- La vía respiratoria y digestiva comparten un área común en la faringe, donde se cruza la comunicación de la cavidad bucal con el esófago y de las cavidades nasales con la laringe.



- Las arterias coronarias surgen desde los senos aórticos de las válvulas sigmoideas aórticas, en la zona inicial de la aorta ascendente.



- El N. femoral transcurre en la cara anterior del muslo. Identifique adecuadamente la cara anterior o posterior del miembro inferior.
- Es muy importante que Identifique la estructura a través de las relaciones anatómicas: Con la rodilla en flexión y el h. peroné como referencias se debería identificar las posiciones internas o externas.

Figura 3.7. Feedback diagnóstico obtenido para el estado de conocimiento 7 de la segunda prueba del Grado Farmacia (visión alumno).

Por otro lado hay que indicar que también existen los “feedback diagnósticos” (Figura 3.7), que son los que recibe cada alumno tras responder al cuestionario y ser incluido en un estado de conocimiento específico. Por lo tanto, existen tantos feedback diagnósticos como estados de conocimiento, y son todos distintos aunque, al mismo tiempo, todos se basan en los mismos feedback atómicos.

Tras la elaboración de la retroalimentación para cada cuestionario, se introdujeron en la aplicación de SIDRA las preguntas y respuestas de modo manual, en el apartado de gestión de cuestionarios. Para la introducción del feedback, se utilizó una ventana de edición para introducir la información particular que se requirió para cada respuesta de cada pregunta.

I-SIDRA generó automáticamente los diferentes feedback diagnósticos para cada grupo o estado de conocimiento. Para llevar a cabo esta tarea, el sistema i-SIDRA asocia el feedback atómico de las opciones de respuesta incorrectas incluidas en cada estado de conocimiento creado.

Los feedback diagnósticos obtenidos a través de i-SIDRA, fueron revisados por los profesores con el fin de identificar cualquier problema y para confirmar su validez. Obsérvese que los feedback atómicos asociados a cada respuesta incorrecta podrían ser similares, y se correría el riesgo de proporcionar información redundante dentro del mismo grupo o estado de conocimiento.

Para el entrenamiento en ambos grados de la red neuronal de i-SIDRA, se recopilaron las respuestas obtenidas en la prueba escrita del grupo de alumnos seleccionado para el entrenamiento de la red que pertenecía a primer curso del Grado de Medicina y primer curso del Grado de Farmacia matriculados en el curso 2012-13. Estas respuestas se utilizaron para la elaboración de unos patrones de entrada, con los que se entrenó la red neuronal de i-SIDRA.

En el experimento, tras el entrenamiento de la red neuronal en Medicina se obtuvieron cuatro agrupaciones con 14, 8, 11 y 11 grupos o estados de conocimiento en el Ensayo 1, Ensayo 2, Ensayo 3 y Ensayo 4, respectivamente. Y en Farmacia se obtuvieron otras cuatro agrupaciones de 14, 7, 8 y 7 grupos o estados de conocimiento en el Ensayo 1, Ensayo 2, Ensayo 3 y Ensayo 4, respectivamente.

Estos grupos fueron utilizados por la red neuronal para clasificar a los alumnos del grupo experimental en función de sus respuestas al cuestionario de la prueba.

3.4.4. Fase de realización de la actividad con i-SIDRA

Para el lanzamiento de las pruebas con i-SIDRA, primero se vinculó a los alumnos del grupo experimental a cada prueba antes del lanzamiento.

La realización de las pruebas con el sistema i-SIDRA de ambos grados se llevaron a cabo con diferencias destacables. Los alumnos del Grado de Medicina realizaron las pruebas a distancia y por lo tanto realizaron los test fuera del aula sin posibilidad de supervisión por parte del profesor. Los alumnos del Grado de Farmacia, por el contrario, realizaron todos los ensayos en el aula con la supervisión y control del profesor que impartió la asignatura. En ambos casos se empleó la aplicación web SIDRA.

En ambos grados, los alumnos comenzaron el ensayo una vez introducidos el código del cuestionario y sus credenciales en la aplicación SIDRA, respondiendo de forma individual a la batería de preguntas propuesta en el cuestionario. Una vez completado el test los alumnos realizaron el primer envío. El sistema procesó los datos de forma inmediata registrando y comparando las respuestas recogidas con las respuestas esperadas, además de recoger los tiempos empleados por los estudiantes entre envíos. Según las respuestas, el sistema introdujo a cada estudiante en uno de los estados de conocimiento generados en la fase de preparación de la red neuronal. Seguidamente, cada alumno que no respondió correctamente todas las preguntas del cuestionario recibió, de forma particular, el feedback diagnóstico correspondiente a su estado de conocimiento.

Cada alumno debió leer detenidamente el feedback recibido y tras su análisis y estudio, tuvo la oportunidad de responder de nuevo al cuestionario, mientras dispuso de tiempo. Nuevamente el sistema le ubicó en el mismo o en otro estado de conocimiento diferente, volviéndole a enviar el feedback diagnóstico correspondiente a su nueva situación, si no estaba ya en el estado de conocimiento perfecto.

Durante el desarrollo de la prueba ningún alumno fue informado de las respuestas correctas o incorrectas del test, para evitar que apliquen la técnica de “ensayo y error”, de forma que solo pudieron guiarse a través de la retroalimentación que recibieron individualmente y de forma inmediata por parte del sistema i-SIDRA, en función de su respuesta.

El ensayo finalizó tras realizar un número determinado de intentos en un periodo de tiempo previamente establecido por el profesor o cuando el alumno

respondió a todo el cuestionario correctamente, independientemente del tiempo consumido, alcanzando el estado de conocimiento perfecto. La información recogida por el sistema quedó grabada y disponible para el profesor, tras el término del ensayo.

3.4.4.1. i-SIDRA en el Grado de Medicina

La realización de los ensayos en el experimento de Medicina con el sistema i-SIDRA, se efectuó a distancia, por lo que los alumnos realizaron los test fuera del aula sin posibilidad de supervisión por parte del profesor, utilizando la aplicación web de SIDRA. Los alumnos implicados en el ensayo fueron informados, verbalmente en el aula y por correo electrónico, de la fecha de lanzamiento del cuestionario, del período de tiempo disponible para realizar la actividad y del tiempo del que disponían para realizar prueba.

Para poder realizar los cuatro ensayos del experimento primero se introdujeron, en una pantalla de edición, los cuestionarios y los feedback atómicos correspondientes. Posteriormente se programaron las tareas introduciendo las fechas de lanzamiento y finalización de la prueba, el tiempo máximo por prueba que se le asignó a los alumnos del grupo experimental de Medicina y se incluyó una clasificación con los grupos generados por la red neuronal para la elaboración de los feedback diagnósticos asociados a los grupos o estados de conocimiento.

El lanzamiento de los test se realizó de forma automática al programarse con antelación, de modo que los cuestionarios estuvieron disponibles en la interfaz web o móvil de los estudiantes en la fecha y hora indicada, por un periodo de tiempo determinado. Las fechas de lanzamiento para la realización de los test con el sistema i-SIDRA fueron: 1 de noviembre de 2013 para el Ensayo 1, 22 de noviembre de 2013 para el Ensayo 2, 18 de diciembre de 2013 para el Ensayo 3 y 10 de enero de 2014 para el Ensayo 4, teniendo un plazo de entre 3 y 5 días para realizar el ejercicio en modo "a distancia", disponiendo para la realización completa de la actividad, de un máximo de 45 minutos.

Para la realización de la prueba a distancia con i-SIDRA, cada alumno accedió a la página web de SIDRA, donde tras introducir sus credenciales y el

código del test, se le dio acceso para realizar la prueba. Una vez comenzada la prueba, el sistema contabilizó los 45 minutos disponibles de forma continuada, de tal manera que si el alumno se desconectó de la aplicación web, el tiempo continuó consumiéndose, por lo que cuando volviera a incorporarse a la prueba, el tiempo restante fue el mismo que si hubiera permanecido conectado.

El ensayo finalizó tras realizar un número determinado de intentos o envíos en un periodo de tiempo máximo de 45 minutos, o cuando el alumno alcanzó el estado de conocimiento perfecto, en el que todas las respuestas al test fueron contestadas correctamente, y en este caso, se felicitó por su logro y concluyó la prueba.

3.4.4.2. i-SIDRA en el Grado de Farmacia

Para poder realizar los cuatro ensayos del experimento en farmacia, primero se introdujeron, en una pantalla de edición, los cuestionarios y los feedback atómicos correspondientes y se incluyó una clasificación con los grupos generados por la red neuronal para la elaboración de los feedback diagnósticos asociados a los grupos o estados de conocimiento.

Cada ensayo que realizó el grupo experimental del Grado de Farmacia con el sistema i-SIDRA se desarrolló en modo presencial en el aula de informática durante el horario de los seminarios, bajo la supervisión del profesor encargado de la asignatura.

Cada una de las cuatro sesiones estuvo dirigida por el instructor y duró 60 minutos. Cada sesión se dividió en dos partes, en la primera se realizaron las pruebas con i-SIDRA y su duración fue de 30 minutos, mientras que en la segunda parte, durante otros 30 minutos, se realizaron los SRA con SIDRA.

El lanzamiento de las pruebas de i-SIDRA se realizó manualmente una vez los alumnos se encontraban preparados para comenzar la actividad. Las tareas se programaron introduciendo las fechas de lanzamiento de la prueba, el tiempo máximo por prueba, que en este caso fue de 30 minutos y la asignación a la prueba de los alumnos del grupo experimental de farmacia.

Las fechas de realización de las pruebas con el sistema i-SIDRA fueron: 22 de octubre de 2013 para el Ensayo 1, 12 y 26 de noviembre de 2013 para el Ensayo 2 y 3 y 18 de diciembre de 2013 para el Ensayo 4.

Las actividades con i-SIDRA se realizaron en el aula de informática de la Facultad de Medicina en modo presencial, donde cada alumno disponía de un ordenador con un navegador con sistema operativo Windows y con conexión a internet.

Se les solicitó a los estudiantes que completaran el cuestionario propuesto. Si no respondían correctamente, recibían un feedback diagnóstico adaptado al grupo en el que sus respuestas fueron clasificadas. Se les pidió que los repitieran tantas veces como fuera necesario hasta concluir la prueba, ya sea consumiendo el tiempo de 30 minutos o hasta que todas las respuestas al cuestionario fueran contestadas correctamente en cuyo caso, se felicitó por su logro y finalizó la prueba independientemente del tiempo consumido.

3.4.5. Fase de preparación y realización del SRA con SIDRA

Para la preparación del SRA con SIDRA, se introdujeron de forma manual en la aplicación web, las mismas preguntas y respuestas con las que se realizó la actividad con i-SIDRA correspondiente en Medicina y Farmacia. Posteriormente, se asignaron los alumnos de ambos grupos experimentales a cada una de las pruebas antes del lanzamiento.

En el caso presencial, el profesor guiaba las preguntas de opción múltiple que fueron respondidas por los alumnos con sus dispositivos a modo de mandos electrónicos de respuesta. Si no disponían de un dispositivo funcional, se les proporcionó un ordenador portátil propiedad de la Universidad de Murcia. Las respuestas fueron recogidas, analizadas y almacenadas en el servidor, para posteriormente ser mostradas a través de un proyector al total de la clase, de forma que los alumnos pudieron conocer finalmente las respuestas correctas e incorrectas de cada pregunta del cuestionario y conocieran el comportamiento general de las contestaciones de la clase (Figura 3.8). El profesor una a una fue resolviendo las dudas y los conceptos erróneos de todas las preguntas del cuestionario de forma oral, mediante un feedback

inmediato. En el caso del SRA con SIDRA a distancia los alumnos al responder recibieron las respuestas correctas desde el sistema, a modo de feedback correctivo.

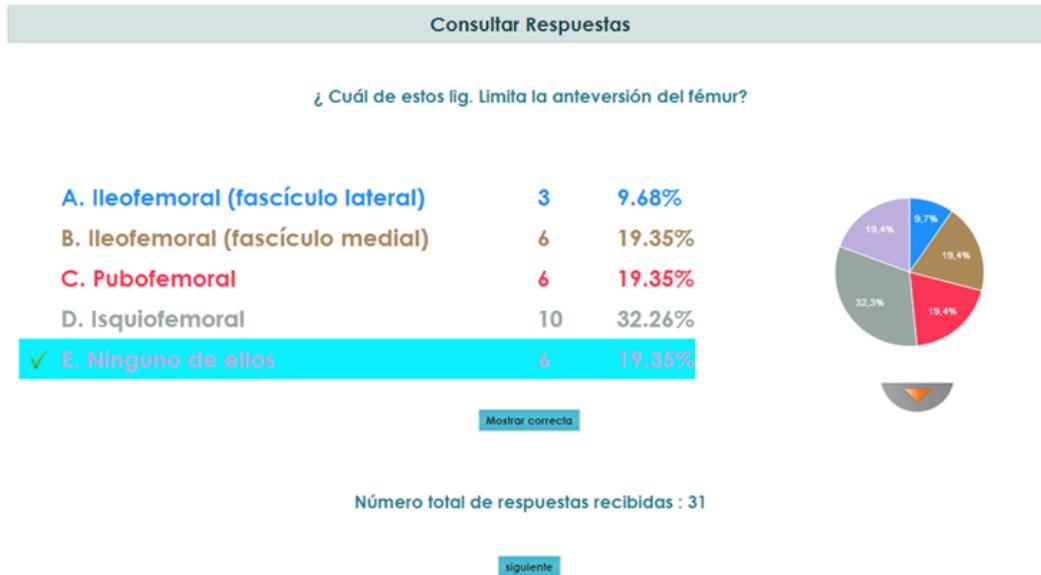


Figura 3.8. Representación de las respuestas de los alumnos en la prueba SRA con SIDRA, incluyendo los porcentajes de respuesta por opción, su representación gráfica y la respuesta correcta.

3.4.5.1. SRA con SIDRA en el Grado de Medicina

Esta prueba se realizó presencialmente en el aula de forma controlada y dirigida por el profesor de la materia los días 6 y 27 de noviembre de 2013 para el primer y segundo ensayos después de la prueba con i-SIDRA correspondiente. Sin embargo, en el caso de la tercera y cuarta prueba del experimento, por cuestiones del calendario académico (vacaciones de Navidad y finalización del período docente), se llevó a cabo a distancia. Se efectuó la programación de las tareas de forma automática tras finalizar la prueba con i-SIDRA correspondiente. El lanzamiento se programó para los días 23 de diciembre de 2013 y 13 de enero de 2014.

La realización presencial de la prueba se llevó a cabo en un período de unos 30 minutos aproximadamente y se resolvieron dudas y conceptos erróneos con el feedback inmediato aportado por el profesor.

En el caso de las pruebas a distancia, el profesor lanzó los cuestionarios a los alumnos en la fecha indicada. Los estudiantes respondieron al cuestionario en una sola ocasión y recibieron la información sobre la respuesta correcta a modo de feedback correctivo. Sin embargo no obtuvieron información de las respuestas de sus compañeros ni las aclaraciones realizada por el profesor en las sesiones presenciales, aunque se les indicó que podían disponer de tutorías para la aclaración de la dudas.

3.4.5.2. SRA con SIDRA en el Grado de Farmacia

Los ensayos realizados en el Grado de Farmacia se llevaron a cabo de forma presencial en una misma sesión.

El desarrollo de las pruebas del SRA con SIDRA se realizó durante 30 minutos incluido el tiempo del feedback inmediato y la discusión de los temas controvertidos, en la segunda parte de la clase en la que se hizo primero la prueba de i-SIDRA.

3.4.6. Fase de realización del examen final en ambos experimento

Al término del curso correspondiente, todos los alumnos del grupo control y experimental de Medicina y Farmacia tuvieron la oportunidad de realizar el examen final de su asignatura de modo presencial y de forma escrita.

Los exámenes en ambos grados, se realizaron con una prueba escrita compuesta de 60 preguntas de opción múltiple, con cinco respuestas posibles siendo solo una la correcta, elaboradas y diseñadas por los profesores de los grupos control y experimental.

Los exámenes fueron puntuados en una escala de 0 a 10 puntos y las notas obtenidas por los alumnos de ambos grupos, fueron recopiladas y utilizadas posteriormente para realizar un análisis comparativo entre ambos grupos.

3.4.7. Fase de obtención de resultados en ambos experimentos

La aplicación web de i-SIDRA permitió extraer todos los datos almacenados en formato para EXCEL o en PDF, para su observación y posterior análisis.

De las pruebas realizadas con i-SIDRA, el sistema proporcionó los siguientes datos básicos:

- Alumnos participantes en la prueba.
- Fecha de realización de la prueba por alumno.
- Hora de comienzo, hora exacta de cada envío y hora de la finalización de la prueba.
- Respuestas al cuestionario en cada envío.
- Estado de conocimiento asignado por cada envío.

Para las pruebas de SRA con SIDRA, el sistema proporcionó los siguientes datos básicos:

- Alumnos participantes en la prueba.
- Número de participantes.
- Respuestas de los alumnos.
- Tiempos de respuesta por usuario.
- Los porcentajes de las respuestas correctas por pregunta respecto al total de alumnos.

Toda esta información fue procesada para su análisis y se estudió el comportamiento del grupo experimental durante el uso del sistema i-SIDRA en todos los ensayos. Además, con los datos recogidos por el sistema se pudieron elaborar los diagramas de estado de conocimiento, que se utilizaron posteriormente para observar la evolución en general de los participantes en el desarrollo de la actividad y la eficacia del feedback asociado a cada estado de conocimiento.

A continuación, las fases del experimento de ambos grados, se resume básicamente en la Figura 3.9

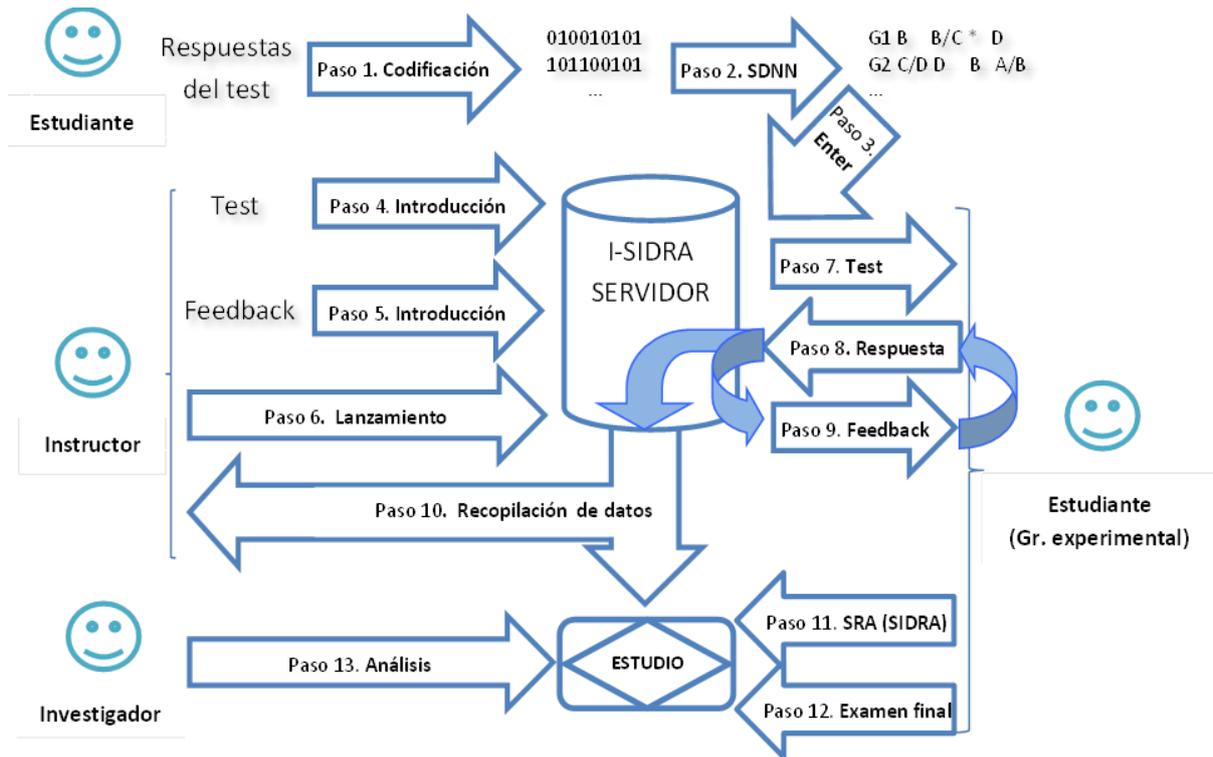


Figura 3.9. Esquema general del proceso de la realización del experimento

3.4.8. Encuesta de satisfacción y percepción en ambos experimentos

Una vez finalizados los experimentos se entregó un cuestionario de satisfacción (Figura 3.10) de forma anónima compuesto por 11 preguntas formuladas usando una escala de cinco puntos tipo Likert (5 = muy alta; 4 = Alta; 3 = medio; 2 = baja; 1 = muy bajo).

La encuesta la realizaron 71 alumnos del grupo experimental del Grado de Medicina y 46 alumnos del grupo experimental del Grado de Farmacia. La encuesta se distribuyó entre los asistentes a clase presencial en formato de papel y lápiz. El objetivo era recabar su opinión sobre el uso del sistema i-SIDRA más un SRA con SIDRA.

El cuestionario abarca diferentes aspectos como la satisfacción de uso y utilidad, comprensión y aprendizaje de los conceptos, contenidos suministrados, percepción en la influencia del sistema en sus calificaciones, utilidad del feedback, interés en la aplicación del sistema en otras asignaturas o la valoración del docente implicado en la actividad.

Las respuestas a los cuestionarios completados fueron introducidas en una hoja de Excel por los instructores para la realización del análisis posterior.

Los ítems que se presentan a continuación van referidos a la evaluación del i-SIDRA más un SRA con SIDRA llevado a cabo en las clases de la asignatura de Anatomía del curso 2013-14.

Valore y responda sinceramente a cada uno de los ítems propuestos, a partir de la interpretación de la escala.

1. Totalmente en desacuerdo con la proposición
2. En desacuerdo con la proposición
3. Indiferente
4. De acuerdo con la proposición
5. Totalmente de acuerdo con la proposición

INDICADOR	ESCALA				
1. Está satisfecho con el uso del sistema de red neuronal	1	2	3	4	5
2. Los tiempos otorgados para cada actividad han parecido suficientes	1	2	3	4	5
3. Le resulta útil el sistema de red neuronal durante el curso	1	2	3	4	5
4. Favorece la aclaración y comprensión de conceptos	1	2	3	4	5
5. Favorece y mejora el proceso de aprendizaje	1	2	3	4	5
6. Le resulta útil como autoevaluación de conceptos	1	2	3	4	5
7. Crees que los feedback recibidos han sido de utilidad para mejorar tus conceptos	1	2	3	4	5
8. Le gustaría que este sistema en otras asignaturas	1	2	3	4	5
9. Cree que el uso de este sistema influirá positivamente en sus calificaciones	1	2	3	4	5
10. Los contenidos suministrados y la metodología empleada en la asignatura le han parecido adecuados para el aprendizaje de anatomía.	1	2	3	4	5
11. La profesora incorpora y emplea con eficiencia el sistema.	1	2	3	4	5

Figura 3.10. Cuestionario de evaluación de la satisfacción con la experiencia del uso de i-SIDRA más un SRA con SIDRA.

3.5. Métodos de análisis

3.5.1. Métodos estadísticos generales

Se estudiaron los efectos de las variables independientes sobre las variables dependientes mediante métodos estadísticos paramétricos y no paramétricos, según se cumplieron o no los criterios de aplicación de los paramétricos. Cuando se analizaron los cambios habidos dentro del mismo grupo de tratamiento se utilizaron pruebas estadísticas para muestras relacionadas o emparejadas.

Las variables continuas se resumieron utilizando estadísticos descriptivos: media, desviación estándar (SD), mediana y número de observaciones y número de observaciones faltantes. Las variables categóricas se describieron utilizando frecuencias absolutas y relativas. Para las comparaciones entre dos variables se utilizó el análisis bivariante.

En el caso de que una variable sea de tipo cuantitativo y la otra categórica, para la comparación de las medias con una variable dicotómica se utilizó la prueba estadística t de Student para dos medias independientes, tras comprobar que se cumplían las condiciones de aplicación de dicha prueba: a) Normalidad o $n > 30$ en cada grupo, y b) Homogeneidad de varianzas. La normalidad se comprobó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. El supuesto de igualdad de varianzas entre los niveles del factor intersujetos se contrastó con la prueba de Levene.

Si ambas variables eran de tipo cuantitativo, para medir la fuerza de la asociación entre variables, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson o de Spearman según se cumplieron o no los criterios de aplicación de los métodos paramétricos.

Si ambas variables eran de tipo categórico, se realizó una tabulación cruzada (Tablas de contingencia) empleando el estadístico chi-cuadrado de Pearson para contrastar la hipótesis de independencia (en Tablas $r \times s$) o el test de Fisher (en Tablas 2×2). Previamente se comprobaron las condiciones de aplicación de la chi-cuadrado: a) que ambas variables fuesen cualitativas en

escala nominal y, b) que ninguno de los valores esperados fuese menor de 5 en Tablas de 2x2. Para el análisis bivariado se empleó un análisis de regresión logística con el método “introducir”.

Todas las comparaciones estadísticas se realizaron utilizando una prueba bilateral con un nivel de significación $p = 0,05$. Se analizaron los datos recogidos utilizando SPSS 19.0 (IBM, Armonk, NY) y Microsoft Office Excel 2010 (Microsoft, Redmond, WA).

El tamaño del efecto en meta-análisis se calculó utilizando el modelo de efectos fijos (138). El tamaño del efecto global se estimó a partir de la propuesta de Hedges (139).

3.5.2. Indicadores de rendimiento académico

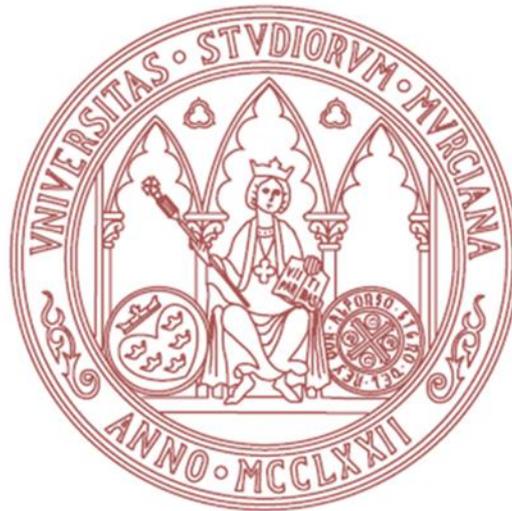
Para la evaluación y seguimiento del rendimiento del alumno en la asignatura, se han empleado dos de los indicadores más conocidos (140):

Indicador 1: Tasa de rendimiento

- N° de alumnos presentados/ N° de alumnos totales matriculados

Indicador 2: Tasa de éxito:

- N° de alumnos aprobados/ N° de alumnos presentados
-



4. RESULTADOS

4.1. Resultados del Grado de Medicina

Para conocer la actividad del estudiante en el sistema i-SIDRA, se analizaron los datos obtenidos de la realización de los 4 ensayos desde diferentes enfoques: número de alumnos, envíos al sistema y tiempos empleados y efectividad del feedback.

4.1.1. Análisis descriptivo de las características de la actividad de los estudiantes en el sistema i-SIDRA

La evolución en el número de estudiante que participaron y alcanzaron o no el estado de conocimiento perfecto en las pruebas se estudió para ver en qué medida los estudiantes interactúan con el sistema durante su desarrollo. A continuación pasamos a analizar los datos de las Tablas 4.1 y 4.2. respecto a las 4 pruebas de i-SIDRA.

Tabla 4.1 Número de alumnos participantes en las cuatro pruebas de i-SIDRA.

	i-SIDRA 1		i-SIDRA 2		i-SIDRA 3		i-SIDRA 4	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Número total de alumnos participes en la prueba	87	96,67	82	91,11	72	80	67	74,44
Número de alumnos que llegan al estado de conocimiento perfecto	34	39,08	28	34,15	17	23,61	39	58,21
Número de alumnos que no llegan al estado de conocimiento perfecto	53	60,92	54	65,85	55	76,39	28	41,79
Número de alumnos que realizan 1 envío	4	4,60	5	6,10	9	12,50	30	44,78
Número de alumnos que usan más de 1 envío	83	95,40	77	93,90	63	87,50	37	55,22

“N”: Número de estudiantes.

- 1ª Prueba con i-SIDRA

En esta prueba participaron 87 alumnos (96,67%), de los que 34 (39,08%) alcanzaron el estado de conocimiento perfecto y de ellos 3 alumnos contestaron el test correctamente en el primer envío y por tanto no necesitaron información de feedback. Esto supone que 84 alumnos (96,55%) recibieron la información de los feedback diagnósticos aportados por el sistema i-SIDRA, y de ellos 1 estudiante realizó un solo envío aunque no alcanzó el estado de

conocimiento perfecto y por lo tanto recibió feedback sin realizar un nuevo envío.

Tabla 4.2. Número de alumnos que llegan al estado de conocimiento perfecto en el primer envío o posteriormente.

	i-SIDRA 1		i-SIDRA 2		i-SIDRA 3		i-SIDRA 4	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Número total de alumnos que llegan al estado de conocimiento perfecto	34	100	28	100	17	100	39	100
Número de alumnos que llegan al estado de conocimiento perfecto en 1 envío	3	8,82	3	10,71	2	11,76	22	56,41
Número de alumnos que llegan al estado de conocimiento perfecto en más de 1 envío	31	91,18	25	89,29	15	88,24	17	43,59

“N”: Número de estudiantes.

- 2ª Prueba con i-SIDRA

En esta prueba participaron 82 alumnos (91,11%), de los que 28 (34,15%) alcanzaron el estado de conocimiento perfecto y 3 de ellos contestaron el test correctamente en el primer envío y por tanto, no necesitaron información feedback. En total, 79 alumnos (96,34%) recibieron la información de los feedback diagnósticos aportados por el sistema i-SIDRA. Dos estudiantes realizaron un solo envío aunque no alcanzaron el estado de conocimiento perfecto y por lo tanto recibieron feedback sin realizar un nuevo envío.

- 3ª Prueba con i-SIDRA

En esta prueba participaron 72 alumnos (80%), y 17 (23,61%) alcanzaron el estado de conocimiento perfecto. Solo 2 de ellos contestaron el test correctamente en el primer envío y no necesitaron información de feedback. Un total de 63 alumnos (87,50%) recibieron la información de los feedback diagnósticos aportados por el sistema i-SIDRA, y de ellos 7 estudiantes realizaron un solo envío aunque no alcanzaron el estado de

conocimiento perfecto y por lo tanto recibieron feedback sin realizar un nuevo envío.

- 4ª Prueba con i-SIDRA

En esta prueba participaron 67 alumnos (74,44%), de los que 39 (58,21%) alcanzaron el estado de conocimiento perfecto y de ellos, más de la mitad, 22 alumnos, contestaron el test correctamente en el primer envío, por lo que no necesitaron información de feedback. En total, 28 alumnos (41,79%) recibieron la información de los feedback diagnósticos aportados por el sistema i-SIDRA, de ellos 8 estudiantes realizaron un solo envío aunque no alcanzaron el estado de conocimiento perfecto y por lo tanto recibieron feedback sin realizar un nuevo envío.

Como se observa en el Gráfico 4.1. a lo largo del experimento el número de participantes disminuye desde el 96,6 % de participación en la 1ª prueba hasta el 74,44% en la última.

En cuanto a alumnos que alcanzaron el estado de conocimiento perfecto (Gráfico 4.2.), en la 4ª prueba más de la mitad de alumnos que la realizan (58%) consiguieron contestar correctamente al test, siendo destacable que el 56,41 % de ellos concluyeron la prueba en un solo envío, sin necesitar información por parte del sistema para responder correctamente al test. Sin embargo, en la 1ª, 2ª y 3ª prueba el porcentaje de alumnos que llegaron al estado de conocimiento perfecto es mayor durante la realización de la prueba, es decir tras recibir los feedback diagnósticos, en un 91,18% y 89,29% y 88,24% respectivamente. Teniendo en cuenta que este aumento observado en las pruebas 1ª, 2ª y 3ª se obtiene dentro de una disminución del número total de alumnos que llegan al estado perfecto tanto en el primer envío como a lo largo de la prueba con 39,08%, 34,15% y 23,61% respectivamente (Tabla 4.1).

Por otra parte se observa un aumento continuo de alumnos que solo realizan un primer envío y abandonan la prueba, siendo 1, 2, 7 y 8 alumnos en las 1ª, 2ª, 3ª y 4ª prueba respectivamente.

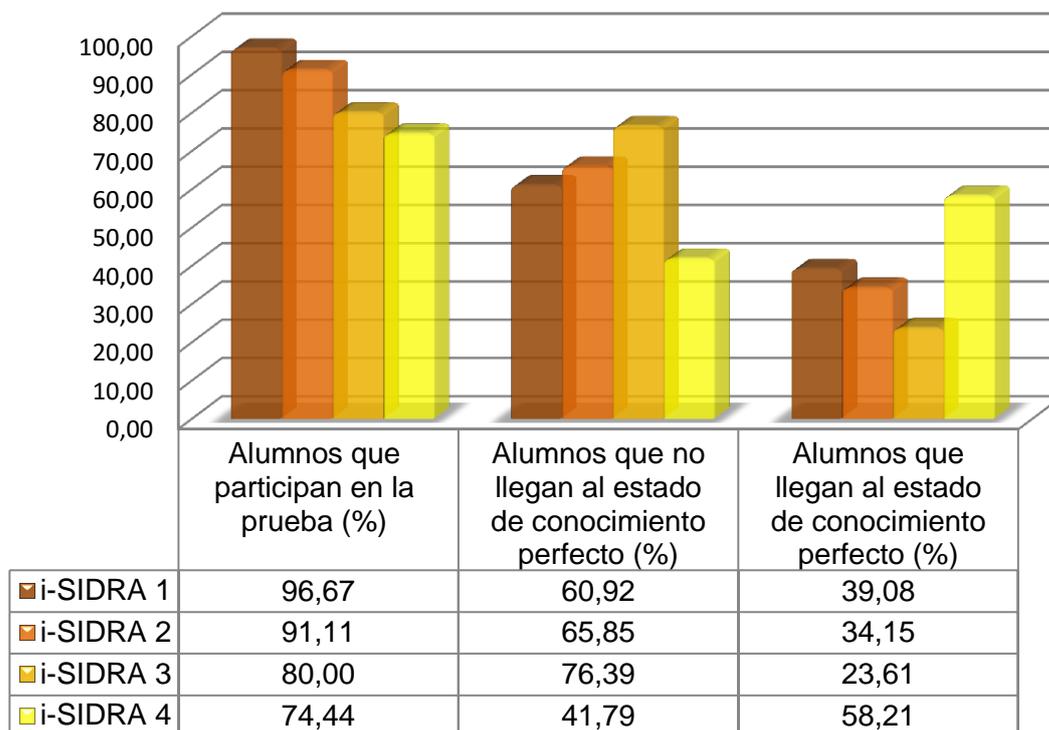


Gráfico 4.1. Porcentaje de alumnos que participan en las pruebas en función de que alcancen al estado de conocimiento perfecto o no.

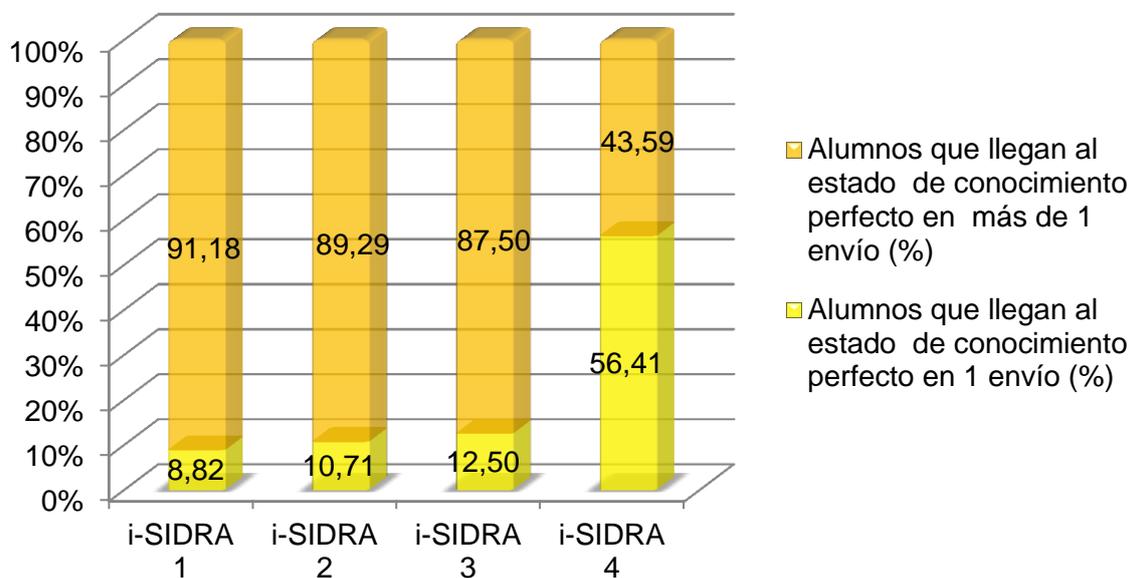


Gráfico 4.2. Porcentaje de alumnos que llegan al estado de conocimiento perfecto en el primer envío o posteriormente.

Por último como se observa en la Gráfica 4.1., los alumnos que no consiguen resolver los cuestionarios aumentan continuamente desde la 1ª a la 3ª prueba con el 60,92%, 65,85% y 76,39%, siendo la 3ª prueba la de peor resultado. Aproximadamente 3 de cada 4 alumnos no llegan al estado de

conocimiento perfecto en la 3ª prueba. En el caso de la 4ª prueba el porcentaje de alumnos que no resuelve el test es considerablemente menor (41,79%).

4.1.2. Análisis de los tiempos y envíos al sistema i-SIDRA

Se estudió la evolución en los tiempos empleados por los estudiantes y el número de envíos realizados al sistema para ver cómo fue la reacción de los estudiantes durante la prueba ante la retroalimentación recibida de forma individual.

4.1.2.1. Análisis descriptivo del tiempo total y tiempo medio empleado y envíos realizados

A continuación, pasamos a analizar los datos de las Tablas 4.3. y 4.4. respecto a las 4 pruebas de i-SIDRA.

Tabla 4.3. Tiempo total por prueba y número de envíos al sistema.

	i-SIDRA 1	i-SIDRA 2	i-SIDRA 3	i-SIDRA 4
Número total de envíos	846	469	406	280
Tiempo total (min)	1798	1061	915	572
Número máximo de envíos de un alumno	38	29	25	20

Tabla 4.4 Estadística descriptiva de tiempos y número de envíos.

	i-SIDRA 1		i-SIDRA 2		i-SIDRA 3		i-SIDRA 4	
	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS
Número de envíos por estudiante	9,72	8,16	5,72	5,53	5,63	4,75	4,14	4,46
Tiempo empleado por estudiante (min)	20,67	10,9	12,94	9,23	12,71	9,71	8,53	8,82
Tiempo entre envíos (min)	2,12	1,49	2,26	1,45	2,25	1,52	2,05	1,38

“M”: Media; “DS”: Desviación estándar.

- 1ª Prueba con i-SIDRA

En esta prueba el sistema recibió un total de 846 envíos de respuesta al test en un tiempo total de envíos de 1798 minutos, lo que originó una media de tiempo entre envíos de 2,12 minutos. La media de envíos por estudiante fue de

9,72 veces, con un máximo de 38 envíos y la media de tiempo empleado por estudiante de 20,67 minutos.

- 2ª Prueba con i-SIDRA

En este caso el sistema recibió un total de 469 envíos de respuesta al test en un tiempo total de envíos de 1061 minutos, lo que dio lugar a una media de tiempo entre envíos de 2,26 minutos. La media de envíos por estudiante fue de 5,72 veces en la prueba, con un máximo de 29 envíos y la media de tiempo empleado por estudiante de 12,94 minutos.

- 3ª Prueba con i-SIDRA

En esta prueba el sistema recibió un total de 406 envíos de respuesta al test en un tiempo total de envíos de 915 minutos, lo que generó una media de tiempo entre envíos de 2,25 minutos. La media de envíos por estudiante fue 5,63, con un máximo de 25 envíos y la media de tiempo empleado por estudiante de 12,71 minutos.

- 4ª Prueba con i-SIDRA

En esta prueba el sistema recibió un total de 280 envíos de respuesta al test en un tiempo total de envíos de 572 minutos, lo que originó una media de tiempo entre envíos de 2,05 minutos. La media de envíos por estudiante fue de 4,14 veces en el prueba, con un máximo de 20 envíos y la media de tiempo empleado por estudiante de 8,53 minutos.

Respecto al tiempo total empleado por los alumnos y el número de envíos totales de los estudiantes al sistema a lo largo de todo el experimento (Tabla 4.3.), se observa como en la 1ª prueba ambos parámetros son más elevados que en las sucesivas pruebas. Siendo destacable que la reducción en el número de envíos es prácticamente la mitad entre la 1ª y la 2ª prueba. Por otro lado, como se aprecia en la Tabla 4.4. en cuanto al tiempo entre envíos, se mantuvo una tendencia bastante constante durante todo el estudio sin grandes variaciones a lo largo de todas las pruebas con 2,12, 2,26, 2,25 y 2,05 en las pruebas 1, 2, 3 y 4 respectivamente.

En cuanto al tiempo medio empleado por estudiante (Tabla 4.4.) fue mayor en la 1ª prueba con 20,67 minutos, mientras que en la prueba 2 y 3 se redujo 12,9 y 12,7 minutos, respectivamente a pesar de que se encontró un aumento de los alumnos que no consiguieron resolver el test. En la 4ª prueba esta media cae hasta 8,53 minutos, coincidiendo con el elevado número de alumnos que resuelve el cuestionario.

Como se aprecia en la Tabla 4.4. el número de envíos por estudiante fue mayor en la 1ª prueba (9.72 envíos), siendo también el número máximo de envíos por parte del alumno mayor que en el resto, con 38 envíos realizados por un alumno. En el resto de las pruebas 2ª, 3ª y 4ª los envíos por estudiante se estabilizaron con una media de 5,72, 5,67 y 4,14 envíos, reduciéndose además el número de envíos máximos 29,25 y 20 respectivamente.

Tabla 4.5. Número de estudiantes que alcanzaron el estado de conocimiento perfecto en función del tiempo medio empleado.

	i-SIDRA 1		i-SIDRA 2		i-SIDRA 3		i-SIDRA 4	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Estudiantes que superan el tiempo medio y llegan al estado de conocimiento perfecto	13	38,24	7	25,00	8	47,06	8	20,51
Estudiantes que no superan el tiempo medio y llegan al estado de conocimiento perfecto	21	61,76	21	75,00	9	52,94	31	79,49

“N”: Tamaño de la muestra.

Como se observa en la Tabla 4.5 y Gráfico 4.3., respecto a los alumnos que alcanzan el estado de conocimiento perfecto y el tiempo medio empleado por alumno en la prueba, la mayoría de los estudiantes alcanzaron el estado de conocimiento perfecto antes del consumir el tiempo medio por estudiante para realizar la prueba. Esto ocurrió sobre todo en las pruebas 2ª y 4ª, con un 75% y 79,49%, siendo algo más bajo en la 1ª prueba con 61,76% y sobre todo en la 3ª prueba con 52,94%.

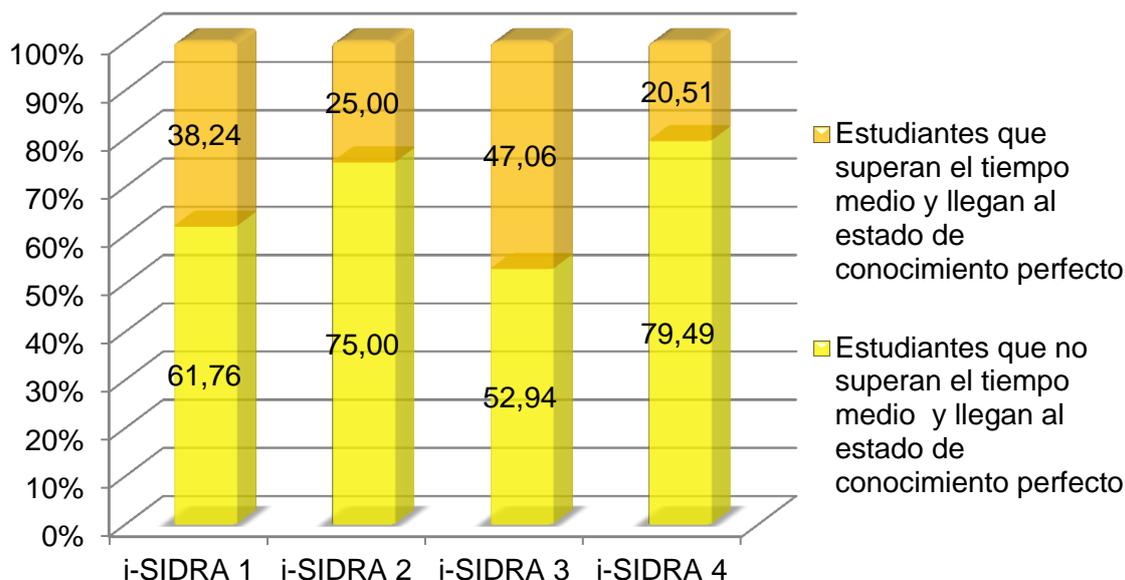


Gráfico 4.3. Porcentaje de estudiantes que alcanzaron el estado de conocimiento perfecto en función del tiempo medio empleado.

4.1.2.2. Análisis de correlación entre número de envíos con respecto a la puntuación del último envío y el tiempo empleado por estudiante y la puntuación del último envío

Para poder conocer si existe alguna relación entre el número de envíos y tiempo empleado por estudiante con respecto al número de respuestas correctas al final del ensayo o puntuación final, se calcularon los coeficientes de correlación.

Tabla 4.6. Coeficientes correlación entre número de envíos y puntuación del último envío.

		Puntuación Final i-SIDRA1	Puntuación final i-SIDRA2	Puntuación Final i-SIDRA3	Puntuación Final i-SIDRA4
Número de envíos	Coeficiente de correlación	-0,356	-0,264	0,238	-0,302
	Sig. (bilateral)	0,002	0,026	0,065	0,020
	N	74	71	61	59

“Sig”: Significación; “N”: Tamaño de la muestra.

Tabla 4.7. Coeficientes correlación entre tiempo empleado por estudiante y puntuación final del último envío.

		Puntuación Final i-SIDRA1	Puntuación Final i-SIDRA2*	Puntuación Final i-SIDRA3	Puntuación Final i-SIDRA4
Tiempo empleado por estudiante	Coeficiente de correlación	-0,370	-0,163	0,240	-0,376
	Sig. (bilateral)	0,001	0,174	0,062	0,004
	N	74	71	61	58

*Correlación de Pearson, ** Correlación de Spearman.

“Sig”: Significación; “N”: Tamaño de la muestra.

Como se observa en la Tabla 4.6. la correlación entre las variables del número de envíos y la puntuación final mantienen una correlación inversa baja estadísticamente significativa de -0,356, -0,264 y -0,302 en las pruebas de i-SIDRA 1, 2 y 4 respectivamente.

En el caso de la correlación entre las variables tiempo empleado por estudiante y la puntuación final se observa en la Tabla 4.7. una correlación inversa baja estadísticamente significativas de -0,370 y -0,376 para las pruebas i-SIDRA 1 e i-SIDRA 4.

4.1.3. Análisis del número de respuestas correctas al test entre el primer y último envío (efectividad del feedback)

Con el objetivo de comprobar la efectividad de la retroalimentación ofrecida por el sistema i-SIDRA, se estudió la evolución en el número de respuestas correctas (puntuaciones) en las pruebas para ver cómo los estudiantes progresaron en ellas.

4.1.3.1. Análisis descriptivo de la efectividad del feedback

A continuación pasamos a analizar los datos de las Tablas 4.8. y 4.9. respecto a las 4 pruebas de i-SIDRA.

Tabla 4.8. Número de alumnos que mejoran, no varían o empeoran el número de respuestas correctas obtenidas entre el último y el primer envío.

	i-SIDRA 1		i-SIDRA 2		i-SIDRA 3		i-SIDRA 4	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Número de alumnos que mejoran en el número de respuestas correctas	75	90,36	51	66,23	38	60,32	32	86,49
Número de alumnos que no varía el número de respuestas correctas	6	7,23	19	24,68	16	25,40	5	13,51
Número de alumnos que empeoran en el número de respuestas correctas	2	2,41	7	9,09	9	1,29	0	0

“N”: Tamaño de la muestra.

Tabla 4.9. Estadística descriptiva de puntuaciones medias obtenidas en el primer y último envío en cada prueba y su diferencia o variación.

	i-SIDRA 1		i-SIDRA 2		i-SIDRA 3		i-SIDRA 4	
	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS
Puntuación del primer envío	6,59	1,79	6,79	2,08	5,68	2,47	7,25	2,47
Puntuación del último envío	8,59	1,40	7,93	2,06	6,57	2,70	8,60	2,06

“M”: Media; “DS”: Desviación estándar.

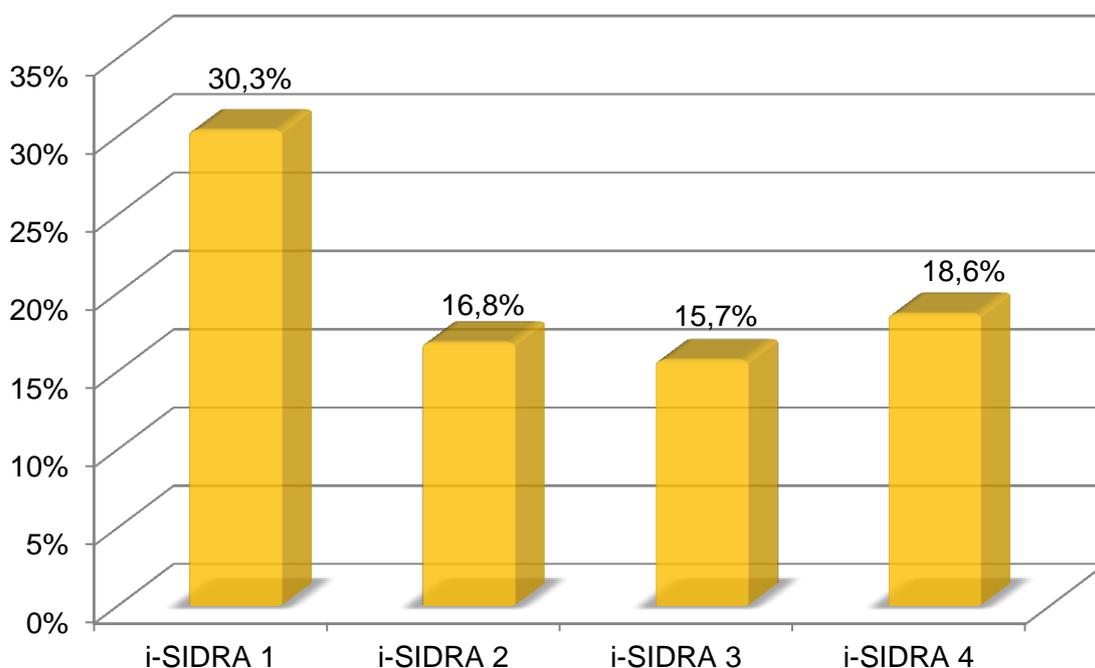


Gráfico 4.4. Porcentaje del incremento de las calificaciones medias entre el último y el primer envío de cada prueba.

- 1ª Prueba con i-SIDRA

Del total de los 83 estudiantes (95,40%) (Tabla 4.1.) que realizaron más de un envío durante la prueba, 75 alumnos (90,36 %) mejoraron el número de respuestas correctas iniciales al terminar la prueba, llegando hasta 7 aciertos más. Mientras que 6 estudiantes (7,23%) no mostraron ningún cambio en el número de respuestas correctas tras finalizar la prueba, incluso 2 estudiantes (2,41%) empeoraron los aciertos al final de la prueba en una pregunta.

La media de la puntuación obtenida al principio del test fue de 6,59 respuestas correctas y las calificaciones medias tras terminar la prueba fueron de 8,59 respuestas correctas, aumentando de media en 2 puntos, lo que supone un 30,35% en el porcentaje del incremento de las calificaciones medias entre el último y el primer envío (Gráfico 4.4.).

- 2ª Prueba con i-SIDRA

Del total de los 77 estudiantes (93,90%) (Tabla 4.1.) que realizaron más de un envío durante la prueba, 51 alumnos (66,23%) aumentaron el número de respuestas correctas iniciales al terminar la prueba, llegando hasta 6 aciertos más. Mientras que 19 estudiantes (24,68%) no mostraron ninguna evolución en el número de respuestas correctas tras finalizar la prueba, incluso 7 estudiantes (9,09%) redujeron el número de aciertos hasta en 3 preguntas.

La media de las notas obtenidas al principio del test fue de 6,79 respuestas correctas y las calificaciones medias tras terminar la prueba fueron de 7,93 respuestas correctas, aumentando de media en 1,13 puntos, lo que supone un 16,79% porcentaje del incremento de las calificaciones medias entre el último y el primer envío (Gráfico 4.4.).

- 3ª Prueba con i-SIDRA

Del total de los 63 estudiantes (87,5%) (Tabla 4.1.) que realizaron más de un envío durante la prueba, 38 alumnos (60,23%) mejoraron sus calificaciones iniciales al terminar el prueba, llegando hasta 7 aciertos más. Mientras que 16 estudiantes (25,40%) no mostraron ninguna evolución en el

número de finalizar la prueba, incluso 9 estudiantes (14,29%) redujeron el número de aciertos hasta en dos preguntas.

La media de las notas obtenidas al principio del test fue de 5,68 respuestas correctas y las calificaciones medias tras terminar la prueba fueron de 6,57, respuestas correctas, aumentando de media en 0,9 puntos, lo que supone un 15,67% en el porcentaje del incremento de las calificaciones medias entre el último y el primer envío (Gráfico 4.4.).

- 4ª Prueba con i-SIDRA

Del total de los 37 estudiantes (55,22%) (Tabla 4.1.) que realizaron más de un envío durante la prueba 32 alumnos (86,49%) mejoraron sus calificaciones iniciales al terminar el prueba, llegando hasta 6 aciertos más. Mientras que 5 estudiantes (13,51%) no mostraron ninguna evolución en el número de aciertos tras finalizar la prueba y ningún estudiantes redujo el número de aciertos al final de la prueba.

La media de las notas obtenidas al principio del test fue de 7,25 respuestas correctas y las calificaciones medias tras terminar la prueba fueron de 8,60 respuestas correctas, aumentando de media en 1,34 puntos, lo que supone un 18,62% en el porcentaje del incremento de las calificaciones medias entre el último y el primer envío (Gráfico 4.4.).

Como se observa en el Gráfico 4.5. de todas las pruebas que se realizan, la 1ª y la 4ª prueba son las que consiguen mejores resultados en función del número de alumnos que mejoran sus calificaciones tras realizar la prueba con un 90,36% y un 86,49% de estudiantes respectivamente, obteniendo además porcentajes mínimos de alumnos que reducen el número de respuestas correctas con un 2,41% y 0% respectivamente. Mientras que la 2ª prueba y 3ª prueba obtienen peores resultados pero similares con 66,23% y 60,32% respectivamente. La 3ª prueba conlleva los peores resultados en todas las categorías con un 14,29% de alumnos que reducen el número de aciertos y un 25,40 % de alumnos que no varían.

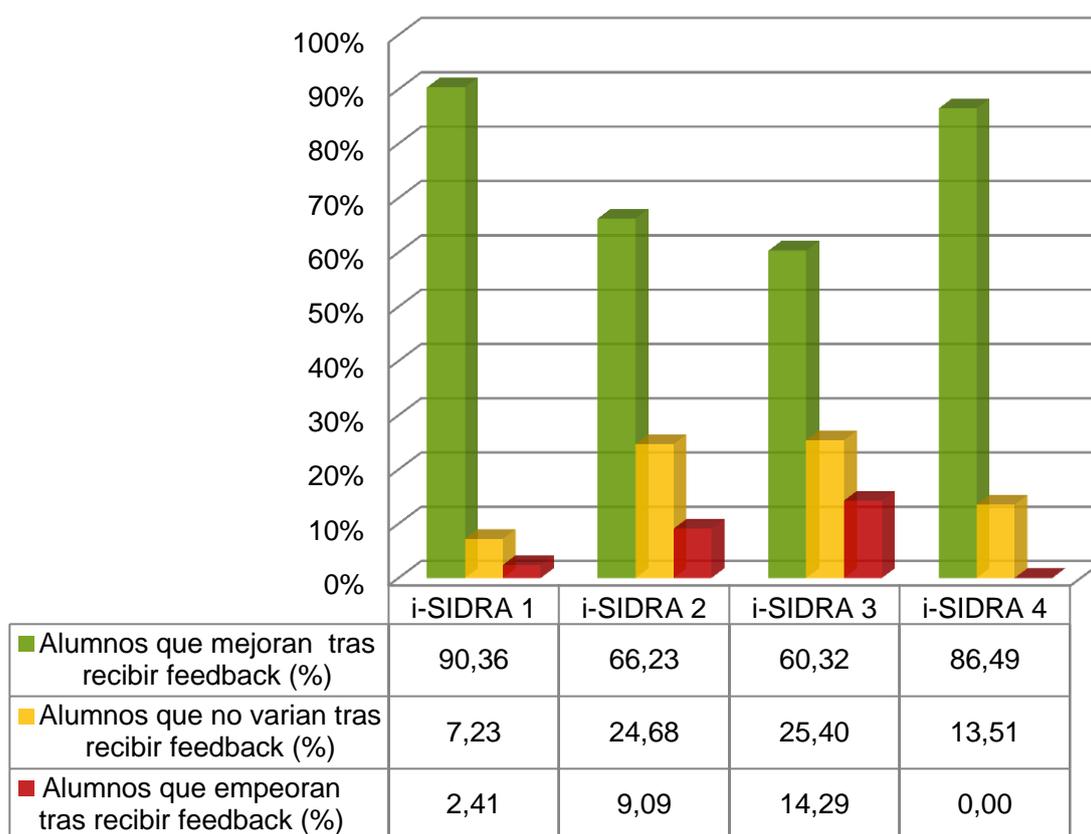


Gráfico 4.5. Porcentaje de alumnos que mejoran, no varían o empeoran el número de respuestas correctas obtenidas entre el último y el primero envío.

Por otro lado, como se aprecia en la Tabla 4.9, es destacable que de las puntuaciones alcanzadas en el primer envío, la 4ª prueba fue la que obtuvo la mejor puntuación con una media de 7,25. La puntuación más baja fue al inicio de la 3ª prueba con 5,68. En la 1ª y 2ª prueba se lograron puntuaciones similares en el primer envío con un valor medio de 6,59 y 6,79 respectivamente.

En cuanto al porcentaje del incremento de las calificaciones medias entre el último y el primer envío (Gráfico 4.4.) se destaca el incremento medio conseguido en la 1ª prueba con un 30,3%, mientras que en la 4ª y 2ª prueba obtuvieron un 16,8% y un 18,6% con unas puntuaciones iniciales de 6,79 y 7,25 respectivamente. Siendo la 3ª prueba la que alcanza el menor porcentaje del incremento de las calificaciones medias de 15,7%.

4.1.3.2. Análisis comparativo entre las puntuaciones del primer y del último envío de las pruebas i-SIDRA

Tabla 4.10. Análisis comparativo de la puntuación entre primer y el último envío en las cuatro pruebas.

	N	M	DS	T	p
Puntuación primer envío i-SIDRA 1	87	6.59	1.789	12.420	0.000
Puntuación último envío i-SIDRA 1	87	8.59	1.402		
Puntuación primer envío i-SIDRA 2	82	6.79	2.077	5.899	0.000
Puntuación último envío i-SIDRA 2	82	7.93	2.059		
Puntuación primer envío i-SIDRA 3	72	5.68	2.466	4.722	0.000
Puntuación último envío i-SIDRA 3	72	6.57	2.705		
Puntuación primer envío i-SIDRA 4	67	7.25	2.470	6.268	0.000
Puntuación último envío i-SIDRA 4	67	8.60	2.060		

“N”: Tamaño de la muestra; “M”: Medias de puntuación “DS”: Desviación estándar; “T”: t-Student; “p”: nivel de significación.

En la Tabla 4.10. se muestran los resultados de la prueba t de Student para muestras pareadas entre las variables puntuación del primer y del último envío. En las cuatro pruebas se observó una diferencia estadísticamente significativa entre las puntuaciones obtenidas en el primer envío al sistema i-SIDRA (al comienzo de la prueba) y las puntuaciones en el último envío realizado (al final de la prueba).

En todos los ensayos realizados, las puntuaciones obtenidas en el último envío fueron mayores.

4.1.3.3. Análisis de correlación entre las medias de las diferencias de puntuación entre el último y el primer envío de las cuatro pruebas de i-SIDRA y las calificaciones del examen final

Para ver si existe correlación entre la media de las diferencias de la puntuación (número de respuestas correctas) entre el último y el primer envío de las cuatro pruebas en i-SIDRA, y la variable de calificaciones del examen final, se calculó el coeficiente de correlación de Pearson.

Tabla 4.11. Correlación entre las calificaciones del examen final y la media de las diferencias de puntuación entre el último y el primer envío de las cuatro pruebas.

		Calificación examen final
Media de las diferencias de puntuación entre el último y el primer envío de las cuatro pruebas	Correlación de Pearson	-0,022
	Sig. (bilateral)	0,858
	N	67

“Sig”: Significación; “N”: Tamaño de la muestra

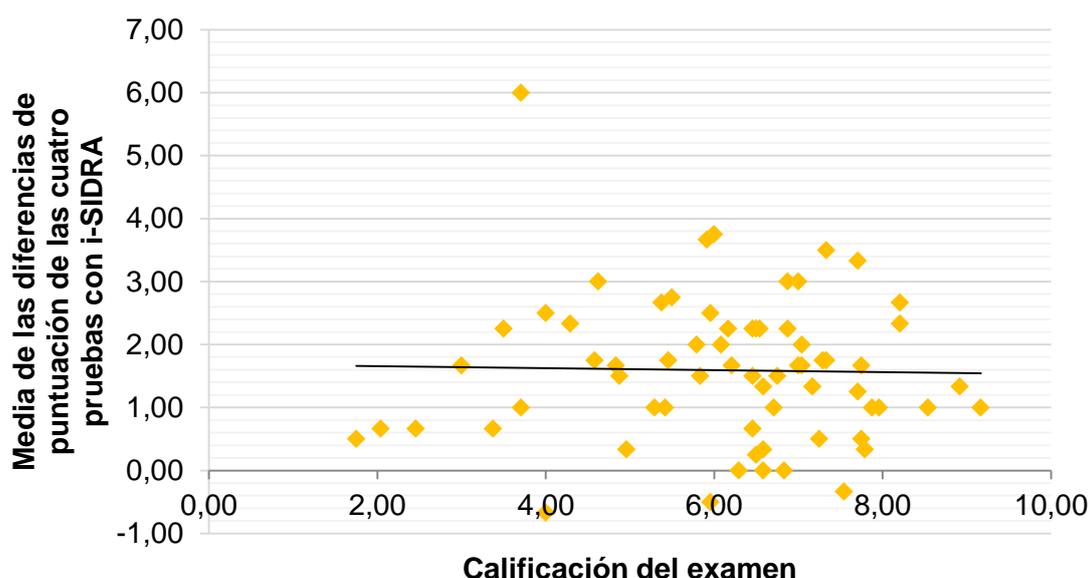


Figura 4.1. Diagrama de dispersión de las variables calificación del examen final y media de las diferencias de la puntuación entre el primer y el último envío de las cuatro pruebas, ajustados en base a la regresión lineal.

Se observó al utilizar el coeficiente de correlación de Pearson una correlación inversa muy baja ($r = -0,022$) estadísticamente significativa entre las variable de la media de las diferencias de la puntuación entre el último y primer envío de las cuatro pruebas de i-SIDRA y las calificaciones del examen final (Tabla 4.11 y Figura 4.1.).

4.1.3.4. Análisis de correlación entre la puntuación media del último envío de i-SIDRA y la calificación del examen final

Para la realización del coeficiente de correlación de Pearson se utilizaron la variable puntuación media del último envío, obtenida con la media de las

puntuaciones finales de las cuatro pruebas i-SIDRA y la variable calificaciones obtenidas en el examen final del grupo experimental.

Tabla 4.12 Coeficiente de correlación entre puntuación media del último envío y calificación del examen final.

		Calificación examen final
Puntuación del último envío en i-SIDRA	Correlación de Pearson	0,317
	Sig. (bilateral)	0,009
	N	67

“Sig”: Significación; “N”: Tamaño de la muestra.

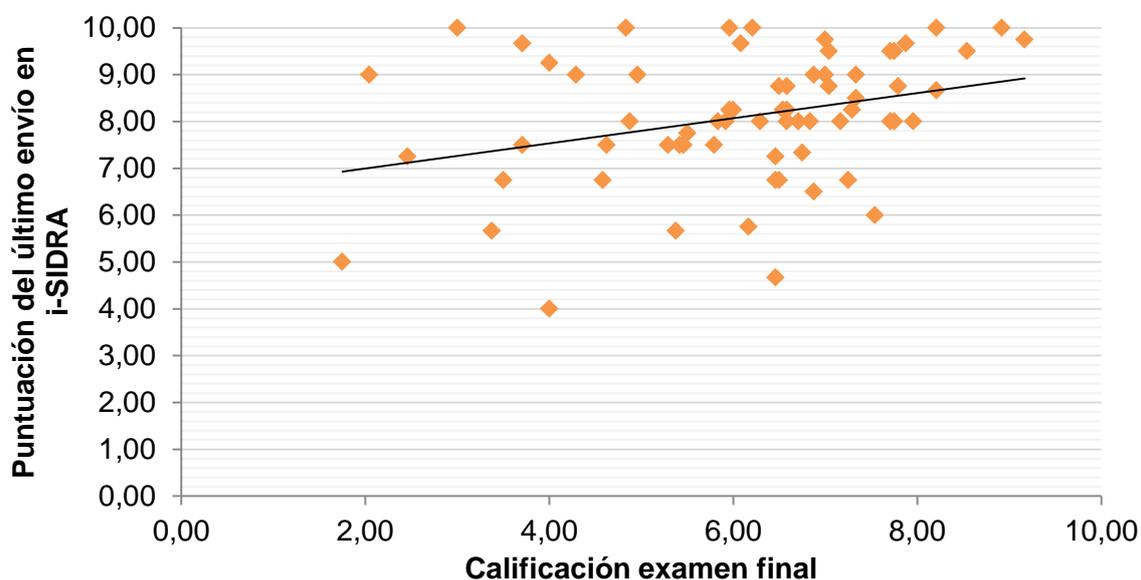


Figura 4.2. Diagrama de dispersión la variable puntuación media del último envío, y de la variable calificación del examen final, ajustados en base a la regresión lineal.

Como se aprecia en la Tabla 4.12 y Figura 4.2 al utilizar el coeficiente de correlación de Pearson se obtuvo una correlación directa moderada ($r= 0,317$) estadísticamente significativa entre las variables de puntuación media del último envío y las calificaciones del examen final.

4.1.4. Análisis de los diagramas de estado de conocimiento

Para poder interpretar de forma global la información ofrecida por el sistema i-SIDRA, se analizaron los diagramas de cambio de estados de

conocimiento con el fin de identificar problemas en los enunciados de los cuestionarios y en los feedback diagnósticos de los estados de conocimiento.

- 1ª Prueba con i-SIDRA

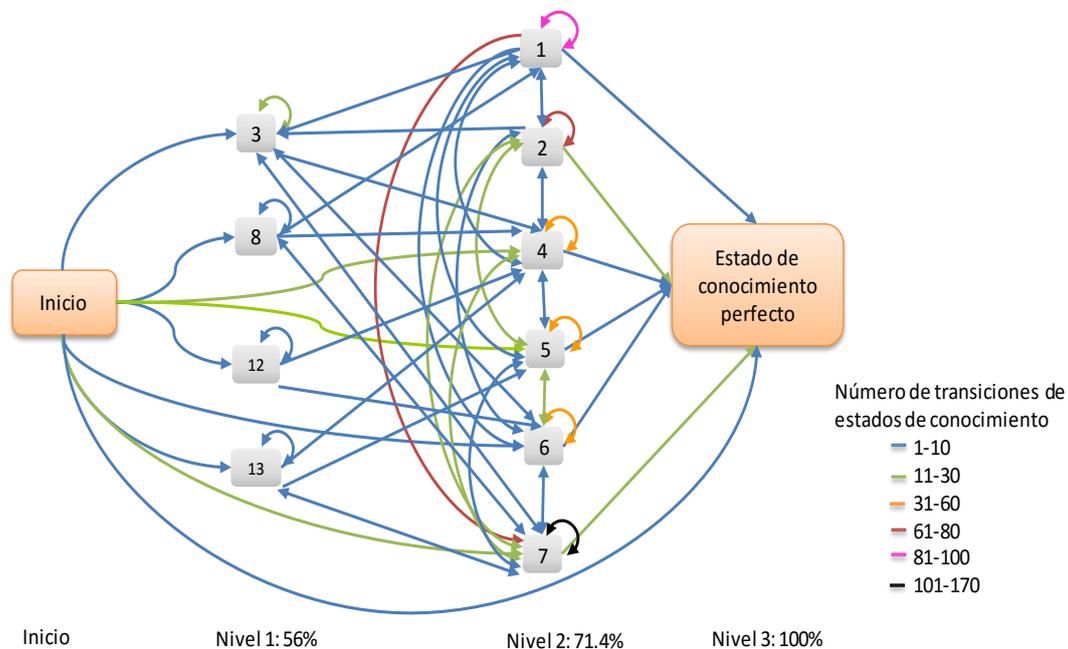


Figura 4.3. Diagrama de estados de conocimiento del grupo experimental del Grado de Medicina en la 1ª prueba de i-SIDRA.

En la Figura 4.3 se muestra un diagrama de estado del conocimiento del grupo experimental, que representa el comportamiento como grupo de todos los estudiantes en la 1ª prueba de i-SIDRA. Se formaron catorce estados de conocimiento y en todos ellos se incorporó algún alumno del grupo experimental al menos una vez durante la prueba excepto en los estados 9, 10, 11 y 14.

Los estados en esta prueba se organizaron en tres capas: nivel 1 (inicial), nivel 2 (avanzado) y nivel 3 (final o de estado de conocimiento perfecto), con unas puntuaciones medias de 56%, 71,4% y 100% respectivamente. En esta prueba todos los estados de conocimiento tienen transiciones de salida.

De las vías de inicio posible se utilizaron todos los estados de conocimiento presentes en la prueba menos el estado 1 y 2 correspondiente al

nivel avanzado. En cuanto a las vías de solución, es destacable que este nivel estuvo compuesto por multitud de estados que permitían alcanzar el estado de conocimiento perfecto, siendo las vías más utilizadas las de los estados de conocimiento 2 y 7.

Todos los estados de conocimiento de esta prueba presentan auto transiciones, encontrándose los de mayor repetición en el nivel avanzado que dan acceso al estado de conocimiento perfecto, dándose en el estado 4,5 y 6 entre 31 y 60 auto transiciones, en el estado 2 entre 60 y 80 auto transiciones, y sobre todo destaca el estado 1 y el estado 7 con valores entre 81 y 100, y entre 101 y 170 auto transiciones respectivamente. Nótese que los estados 1 y 7 son las dos vías por las que mayor número de alumnos llegan al estado de conocimiento perfecto.

Además, se observa el elevado número de transiciones entre los estados de conocimiento del nivel avanzado sobre todo hacia el estado 2 y 7, enfatizando claramente la transición de salida del estado de conocimiento 1 hacia el estado 7 en la que se realizó un elevado número de envíos, entre 61-80, vinculando claramente ambos estados.

- 2ª Prueba con i-SIDRA

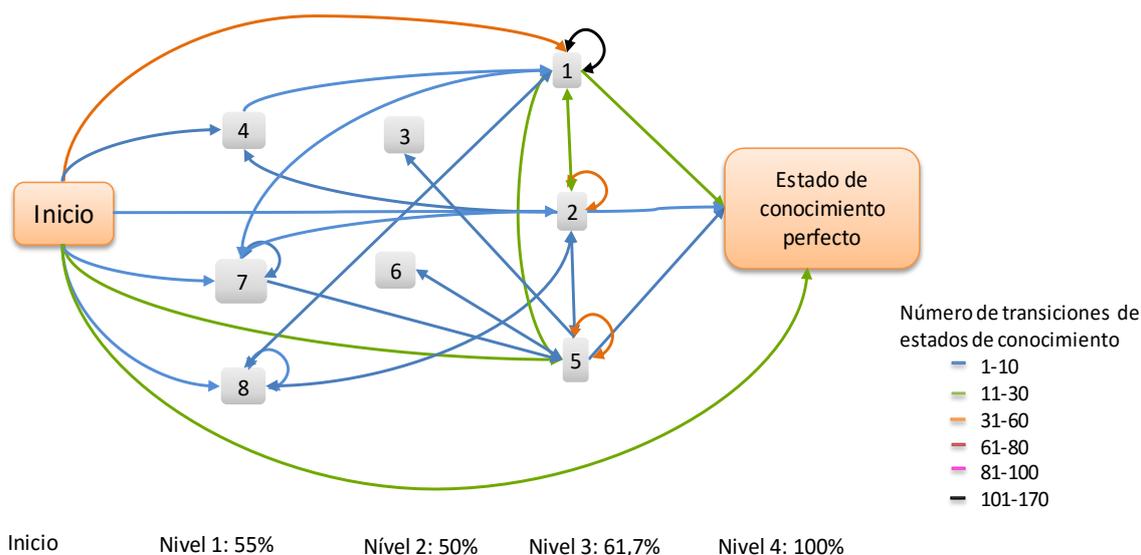


Figura 4.4. Diagrama de estados de conocimiento del grupo experimental del Grado de Medicina en la 2ª prueba de i-SIDRA.

En la Figura 4.4. se muestra un diagrama de estados del conocimiento del grupo experimental en la 2ª prueba de i-SIDRA. Se formaron ocho estados de conocimiento y en todos ellos se asoció algún alumno del grupo experimental. En esta figura se aprecia por ejemplo, como un estudiante que comienza la prueba se sitúa en el estado de conocimiento 4 para cambiar posteriormente al estado de conocimiento 1 en la capa siguiente, antes de alcanzar el estado del conocimiento perfecto, que representa las respuestas correctas a todas las preguntas, localizado en la capa final.

Los estados en esta prueba se organizaron en cuatro capas: nivel 1 (inicial), nivel 2 (intermedio), nivel 3 (avanzado) y nivel 4 (final o de estado de conocimiento), con unas puntuaciones medias de 55%, 50%, 61,7% y 100% respectivamente. Se aprecia una disminución en la puntuación media en la capa 2 (50%). En esta prueba todos los estados de conocimiento tienen transiciones de salida.

De las vías de inicio posible se utilizaron todos los estados de conocimiento presentes en la prueba menos los estados 3 y 6 correspondientes al nivel intermedio, siendo destacable que la vía más utilizada fue la del estado 1 entre 31-60 transiciones, del nivel avanzado. También fueron más concurridas las vías de inicio al estado de conocimiento perfecto y al estado 5, con entre 11 y 30 transiciones.

Igualmente se observa que la transición de salida del estado de conocimiento 1 hacia el estado del conocimiento perfecto incluyó más envíos, que las de los estados de conocimiento 2 y 5.

Además, el flujo entre los estados de conocimiento es más apreciable en el nivel avanzado (estados 1, 2 y 5), existiendo un mayor número de transiciones entre ellos (11-30).

En cuanto a las auto transiciones, la mayoría de los estados de conocimiento no presentan o presentan pocas auto transiciones excepto en los estados de conocimiento 1, 2 y 5 del nivel avanzado, que dan acceso al estado de conocimiento perfecto, destacándose principalmente el estado de conocimiento 1 que recibió entre 101 y 170 auto transiciones. No obstante los

estados 2 y 5 recibieron también un elevado número de auto transiciones (entre 31 y 60).

- 3ª Prueba con i-SIDRA

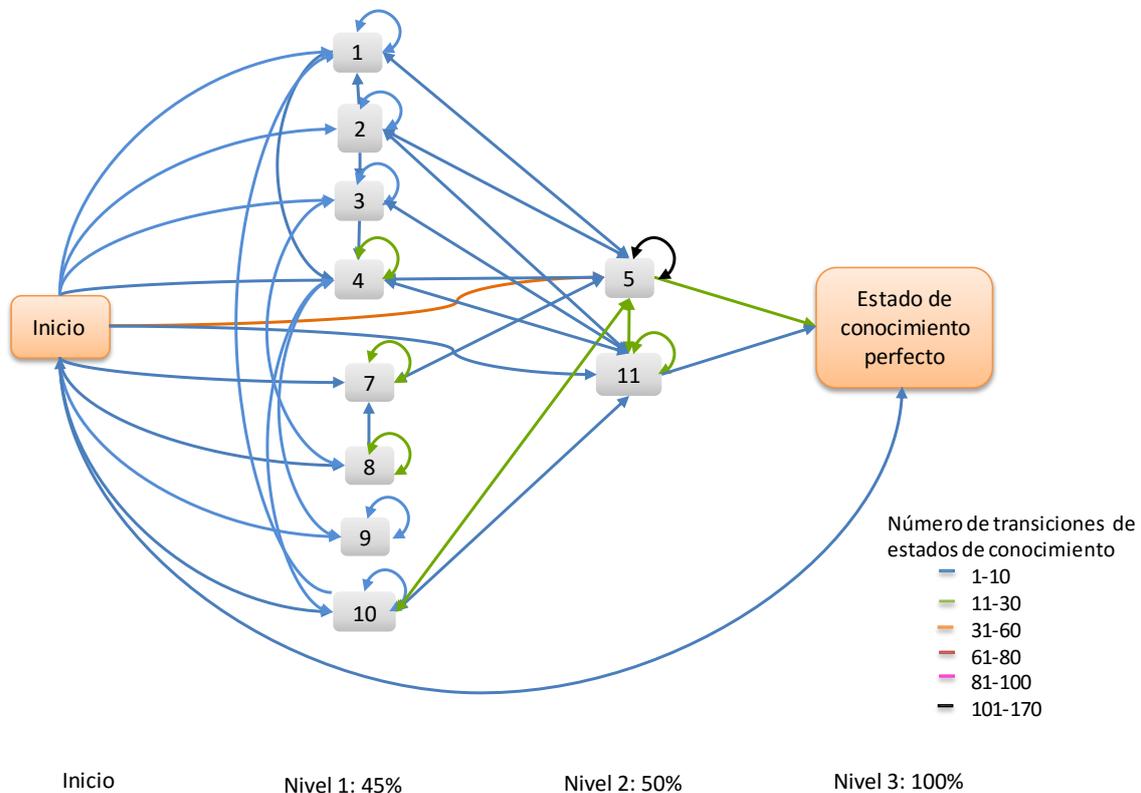


Figura 4.5 Diagrama de estados de conocimiento del grupo experimental del Grado de Medicina en la 3ª prueba de i-SIDRA.

El comportamiento como grupo de todos los estudiantes en la 3ª prueba de i-SIDRA se muestra en la Figura 4.5. Se formaron once estados de conocimiento en esta prueba y en todos ellos se asoció algún alumno del grupo experimental, excepto en el 6.

Los estados en esta prueba se organizaron en tres capas: nivel 1 (inicial), nivel 2 (avanzado) y nivel 3 (final o de estado de conocimiento perfecto), con unas puntuaciones medias de 45%, 50% y 100%. En esta prueba todos los estados de conocimiento tienen transiciones de salida.

De las vías de inicio posible, se utilizaron todos los estados de conocimiento presentes en la prueba, siendo la vía más empleada el estado 5,

entre 31 y 60 transiciones, correspondiente al nivel avanzado con el que se puede alcanzar el estado de conocimiento perfecto.

Igualmente, la transición de salida del estado de conocimiento 5 hacia el estado del conocimiento perfecto tuvo más envíos, entre 11 y 30, que el estado 11.

Se observa además como el flujo entre los estados de conocimiento 5 y 11, del nivel avanzado, es muy cuantioso, entre 11 y 30 transiciones entre ellos y la vía de acceso más utilizada entre cambios de nivel 1 y 2 fue la transición del estado 10 al 5.

- 4ª Prueba con i-SIDRA

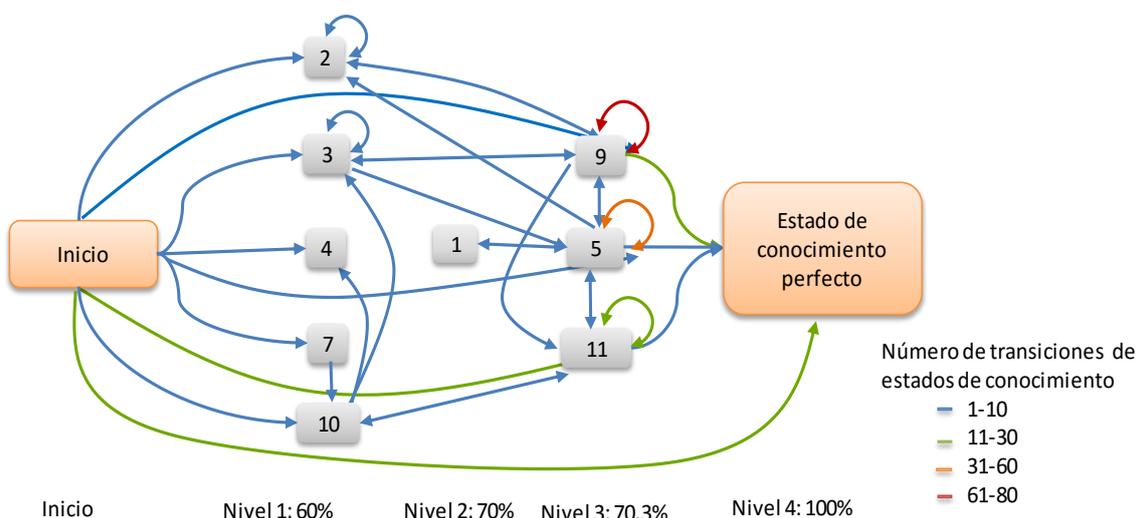


Figura 4.6 Diagrama de estados de conocimiento de modo global realizados por los alumnos del Grado de Medicina en la 4ª prueba de i-SIDRA.

En la Figura 4.6. se expone el diagrama de estados del conocimiento del grupo experimental, en la 4ª prueba de i-SIDRA. Se formaron once estados de conocimiento y en todos ellos, se asoció algún alumno del grupo experimental al menos una vez durante la prueba, excepto en los estados 6 y 8.

En él se observa por ejemplo, como un estudiante situado en el estado de conocimiento 3 puede cambiar al estado de conocimiento 5 en la capa siguiente, antes de alcanzar el “estado del conocimiento perfecto”, que

representa las respuestas correctas a todas las preguntas, localizado en la capa final.

Los estados en esta prueba se organizaron en cuatro capas: nivel 1 (inicial), nivel 2 (intermedio), nivel 3 (avanzado) y nivel 4 (final o de estado de conocimiento perfecto), con unas puntuaciones medias de 60%, 70%, 70,3% y 100% respectivamente. En esta prueba todos los estados de conocimiento tienen transiciones de salida excepto el estado de conocimiento 4 que no las presenta.

De las vías de inicio posible se utilizaron todos los estados de conocimiento existentes, menos el estado 1 correspondiente al nivel intermedio, siendo reseñable que las vías más utilizadas fueron hacia el estado de conocimiento perfecto y hacia el estado 11, del nivel avanzado, que se relacionan con el estado de conocimiento perfecto.

En cuanto a las auto transiciones, la mayoría de los estados de conocimiento no las presentan, observándose principalmente en el nivel avanzado que dan acceso al estado de conocimiento perfecto. En este estado 11 se produjeron entre 11 y 30 auto transiciones, en el estado 5 entre 31 y 60 auto transiciones y sobre todo destaca el estado 9 en el que se realizaron entre 61-80 auto transiciones.

También se observó que la transición de salida del estado de conocimiento 9 hacia el estado del conocimiento perfecto incluyó más envíos que las de los estados de conocimiento 5 y 11.

4.1.5. Análisis del SRA con SIDRA

4.1.5.1. Análisis comparativo de la puntuación del SRA con SIDRA y la puntuación del último envío en la prueba de i-SIDRA

Se trató de comprobar si el uso del SRA con SIDRA introduce alguna mejoría valorable en el aprendizaje cognitivo de los alumnos tras realizar las pruebas con i-SIDRA. Para ello se comparan las puntuaciones obtenidas en la prueba del SRA con SIDRA y la puntuación final obtenida en las pruebas con i-SIDRA mediante el uso de la prueba de t de Student.

En las pruebas realizadas en Medicina las respuestas obtenidas en la prueba de SRA con SIDRA se realizan en diferido (entre 1 y 5 días posteriormente a la realización de la prueba i-SIDRA). En ese tiempo no se aportaron las respuestas correctas, ni se les suministró información adicional al alumno.

Tabla 4.13. Análisis comparativo entre la puntuación del último envío de i-SIDRA y la puntuación del SRA con SIDRA.

	N	M	DS	T	p
Puntuación último envío i-SIDRA 1	76	8,65	1,371	0,283	0,778
Puntuación en SIDRA 1	76	8,60	1,575		
Puntuación último envío i-SIDRA 2	68	8,05	1,946	3,638	0,001
Puntuación en SIDRA 2	68	8,85	1,319		
Puntuación último envío i-SIDRA 3	24	6,75	2,489	0,770	0,449
Puntuación en SIDRA 3	24	6,41	2,873		
Puntuación último envío i-SIDRA 4	25	7,36	1,497	2,657	0,014
Puntuación en SIDRA 4	25	8,48	1,388		

“N”: Tamaño de la muestra; “M”: Puntuaciones medias; “DS”: Desviación estándar; “T”: t-Student; “p”: nivel de significación.

En la Tabla 4.13 se muestran los resultados de la prueba t de Student para muestras pareadas con respecto a las variables puntuación del último envío de i-SIDRA con respecto a la puntuación en la prueba SRA con SIDRA. La prueba reveló diferencias estadísticamente significativas solo en los ensayos 2 y 4, en los que existía un aumento de las puntuaciones del SRA con SIDRA tras realizar la prueba con i-SIDRA.

En cuanto al seguimiento de los alumnos que realizaron el SRA con SIDRA, en forma presencial (prueba 1 y 2) y a distancia (prueba 3 y 4), se observa que en las pruebas presenciales con SRA con SIDRA la participación fue de 87,36% y 82,93% respectivamente y en las pruebas de SIDRA a distancia la participación fue del 33,33% y 37,31%.

4.1.5.2. Análisis de correlaciones entre las puntuaciones obtenidas en el SRA con SIDRA y las calificación del examen final

En este caso, se pretende observar si existe algún tipo de correlación entre las puntuaciones obtenidas en la prueba SRA con SIDRA tras realizar la prueba con i-SIDRA y las puntuaciones que los alumnos obtuvieron en el examen final.

Tabla 4.14 Coeficientes correlación entre las puntuaciones del SRA con SIDRA y las calificaciones del examen final en cada una de las pruebas.

		Puntuación SRA 1**	Puntuación SRA 2**	Puntuación SRA 3*	Puntuación SRA 4**
Calificación examen final	Coeficiente de correlación	0,141	0,032	0,858	0,171
	Sig. (bilateral)	0,256	0,803	0,000	0,424
	N	67	62	21	24

*Correlación de Pearson, ** Correlación de Spearman.

“Sig”: Significación; “N”: Tamaño de la muestra.

Como se observa en la Tabla 4.14. la correlación entre las variables puntuación del SRA con SIDRA y calificación del examen final se ha observado una correlación directa muy alta (0,858) estadísticamente significativa en la 3ª prueba.

4.1.6. Análisis de los resultados del grupo control y experimental en el examen final

Para poder analizar los resultados finales entre el grupo control y el grupo experimental, se han utilizado los indicadores de rendimiento y de éxito de la asignatura además de la comparación entre las notas medias obtenidas en los exámenes finales de la asignatura. Para poder comparar los resultados finales entre el grupo control y el grupo experimental, a los alumnos del grupo experimental se les aplicó un criterio de exclusión, que no fue aplicado para el estudio general de i-SIDRA, en el que se descartaron a los estudiantes que no hubieran realizado al menos tres de las cuatro pruebas de i-SIDRA.

4.1.6.1. Indicador de rendimiento de la asignatura

- Tasa de rendimiento del grupo experimental.

$$67/78*100= 85.90\%$$

- Tasa de rendimiento del grupo control.

$$88/110*100=80,0\%$$

Según el indicador de rendimiento de la asignatura, se observa que el grupo experimental obtuvo una mayor tasa de rendimiento que la del grupo control.

4.1.6.2. Indicador de éxito de la asignatura

- Tasa de éxito para el grupo experimental.

$$50/67*100= 74,63\%$$

- Tasa de éxito para el grupo control.

$$48/88*100=54,54\%$$

Según el indicador de éxito de la asignatura, se muestra que el grupo experimental alcanzó una mayor tasa de éxito que el grupo control.

4.1.6.3. Razón de probabilidad (odds ratio, OR) según los alumnos del grupo control (i-SIDRA) frente al grupo experimental para el evento de aprobar el examen final

Para analizar los datos de los alumnos aprobados y suspendidos del grupo control y experimental, se realizó un estudio de los datos efectuando un análisis bivariado con Tablas de contingencia ($p < 0,05$) y de asociación mediante una odds ratio con modelos de regresión logística binaria (intervalo de confianza del 95% [IC95%]).

En la Tabla 4.15., se observa que los alumnos que utilizaron i-SIDRA tienen un probabilidad 2,307 veces mayor de aprobar que los alumnos que emplearon solo una metodología tradicional.

Tabla 4.15 Razón de probabilidad (OR) para el evento aprobar el examen final al utilizar i-SIDRA más SRA de SIDRA.

	B	E.T.	Wald	gl	Sig.	Exp(B)	I.C. 95% para EXP(B)	
							Inferior	Superior
i-SIDRA	0,836	0,304	7,537	1	0,006	2,307	1,270	4,189
Constante	-0,256	0,192	1,772	1	0,183	0,774		

“B”: Coeficiente B , “E.T.”: Error típico (error estándar); “Wald”: test de Wald, “gl”: grados de libertad, “Sig.”: Significancia, “Exp (B)”: Exponencial de B, “I.C.”: Intervalo de confianza.

4.1.6.4. Análisis descriptivo de los resultados del grupo experimental y control en el examen final

Tabla 4.16. Estadística descriptiva de los resultados del examen final.

Grupo	N	M	Md	DS
Experimental (i-SIDRA)	76	5.945	6.250	1.630
Control	88	5.235	5.310	1.838

“N”: Tamaño de la muestra; “M”: Media de la nota del examen final; “Md”: Mediana; “DS”: Desviación estándar.

La Tabla 4.16. muestra los resultados (nota media del examen final) del grupo experimental y el grupo de control. En ella se observa que los estudiantes que usaron i-SIDRA obtuvieron mejores resultados en el examen final que los estudiantes del grupo de control.

4.1.6.5. Análisis comparativo de los resultados del examen final entre el grupo experimental y el grupo control

Tabla 4.17. Análisis comparativo entre la calificación del grupo control y del grupo experimental.

	N	M	DS	T	p
Calificación del grupo experimental (i-SIDRA)	76	5.945	1.630	2,597	0,010
Calificación del grupo control	88	5.235	1.838		

“N”: Tamaño de la muestra; “M”: Medias de respuestas correctas “DS”: Desviación estándar; “T”: t-Student; “p”: Nivel de significación.

Se aplicó una prueba t de Student para muestras no emparejadas para la variable resultados del examen final. Los resultados revelaron que hubo una diferencia estadísticamente significativa ($T(162) = 2,597$; $p = 0,010$) cuando los estudiantes usaron i-SIDRA frente a los estudiantes que emplearon solo una metodología de aprendizaje tradicional (Tabla 4.17).

4.1.7. Encuesta de satisfacción

El uso de i-SIDRA fue evaluado positivamente de modo general por los estudiantes (Tabla 4.18 y Gráfico 4.6). Tanto el uso de la herramienta como los tiempos empleados en la actividad se evaluaron con alta satisfacción (mediana: 4 en P1-P2).

Tabla 4.18. Estadística descriptiva de la encuesta de satisfacción sobre el sistema i-SIDRA más un SRA de SIDRA.

	Preguntas	M	DS	Md
P1	Está satisfecho con el uso del sistema i-SIDRA.	4,17	0,81	4
P2	Los tiempos para cada actividad le han parecido suficientes.	4,25	0,84	4
P3	Le resulta útil el sistema i-SIDRA durante el curso.	3,99	0,82	4
P4	El sistema i-SIDRA favorece la aclaración y comprensión de conceptos.	3,90	0,86	4
P5	El sistema i-SIDRA favorece y mejora el proceso de aprendizaje.	3,94	0,72	4
P6	El sistema i-SIDRA le resulta útil como herramienta de autoevaluación.	4,34	0,63	4
P7	Creas que los feedback recibidos han sido de utilidad para mejorar sus conceptos.	2,54	1,13	3
P8	Le gustaría usar este sistema en otras asignaturas.	4,04	1,07	4
P9	Cree que el uso de este sistema influirá positivamente en sus calificaciones.	3,59	0,83	4
P10	Los contenidos suministrados y la metodología empleada en la asignatura le han parecido adecuados para el aprendizaje de anatomía.	4,30	0,74	4
P11	El profesor incorpora y emplea con eficiencia el sistema i-SIDRA en clase.	4,66	0,56	5

"M": Media; "DS": Desviación estándar y "Md" Mediana

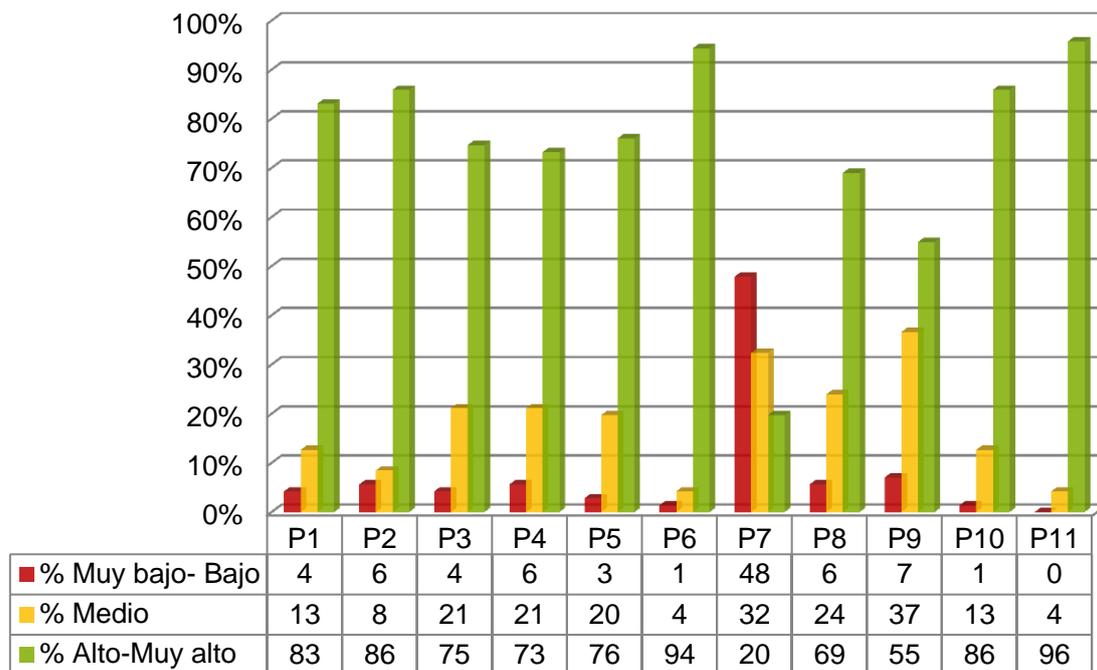


Gráfico 4.6. Valoración de los alumnos sobre el sistema i-SIDRA más un SRA de SIDRA, recogidas en la encuesta de satisfacción.

En cuanto al aprendizaje a través del sistema, los alumnos tienen una impresión positiva con una valoración alta en utilidad, en el uso como herramienta de auto evaluación, en que favorece la aclaración y comprensión de conceptos y en que mejora el proceso de aprendizaje (mediana: 4 en P3, P4, P5). Un 86% de los alumnos valoraron positivamente o muy positivamente los contenidos tratados en las pruebas y la metodología empleada para el aprendizaje en anatomía (P10) (Gráfico 4.6). Además, es destacable que el 94% de los alumnos valoran favorable o muy favorablemente el uso de esta herramienta como un sistema propicio de auto evaluación (P6).

Sin embargo, el feedback (P7) proporcionado por el sistema obtuvo las peores valoraciones. El 48% de los alumnos encuestados valoró la retroalimentación con una satisfacción baja o muy baja, mientras que solo el 20% estaban satisfechos con ella (Gráfico 4.6). Sin embargo, la percepción del alumno sobre la influencia del sistema i-SIDRA en sus calificaciones finales fue buena (mediana: 4 en P9) e incluso tienen una consideración alta ante la repetición de la experiencia en otra asignatura (mediana: 4 en P8).

Por último, la evaluación del profesor ha sido la más apreciada (Mediana: 5 en P11), por su implicación en innovaciones metodológicas al incorporar y emplear el sistema i-SIDRA, con una satisfacción alta o muy alta en el 96% de los alumnos (Gráfico 4.6).

4.2. Resultados del Grado de Farmacia

Para conocer la actividad del estudiante en el sistema i-SIDRA, se analizaron los datos obtenidos de la realización de los 4 ensayos desde diferentes enfoques: número de alumnos, envíos al sistema y tiempos empleados y efectividad del feedback.

4.2.1. Análisis descriptivo de las características de la actividad de los estudiantes en el sistema i-SIDRA

Se revisó la evolución del número de estudiantes que participaron y que alcanzaron o no el estado de conocimiento perfecto, así como el número de envíos en las pruebas con i-SIDRA, para ver en qué medida los estudiantes interactúan con el sistema durante el desarrollo de las mismas.

A continuación pasamos a analizar los datos de las Tablas 4.19 y 4.20. respecto a las 4 pruebas de i-SIDRA.

Tabla 4.19. Número de alumnos participantes en las cuatro pruebas de i-SIDRA.

	i-SIDRA 1		i-SIDRA 2		i-SIDRA 3		i-SIDRA 4	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Número total de alumnos participes en la prueba	43	75,4	51	89,5	46	80,7	47	82,5
Número de alumnos que llegan al estado de conocimiento perfecto	23	53,3	11	21,6	0	0	9	19,1
Número de alumnos que no llegan al estado de conocimiento perfecto	20	46,5	40	78,4	46	100	38	80,9
Número de alumnos que realizan 1 envío	3	7	1	2	1	2	1	2,1
Número de alumnos que usan más de 1 envío	40	93	50	98	45	98	46	97,9

“N”: Número de estudiantes.

- 1ª Prueba con i-SIDRA

En esta prueba participaron 43 alumnos (75,4%), de los que 23 (53,5%) alcanzaron el estado de conocimiento perfecto y de ellos 3 alumnos (13%) contestaron el test correctamente en el primer envío y por tanto no necesitaron información de feedback. Destacamos además que todos los alumnos que

realizan un solo envío llegan al estado de conocimiento perfecto. En total, 40 alumnos (93%) utilizaron la información de los feedback diagnósticos aportados por el sistema i-SIDRA para intentar superar la prueba.

Tabla 4.20. Número de alumnos que llegan al estado de conocimiento perfecto en el primer envío o posteriormente. “N”: Número de estudiantes.

	i-SIDRA 1		i-SIDRA 2		i-SIDRA 3		i-SIDRA 4	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Número total de alumnos que llegan al estado de conocimiento perfecto	23	100	11	100	0	0	9	100
Número de alumnos que llegan al estado de conocimiento perfecto en 1 envío	3	13	1	9,1	0	0	0	0
Número de alumnos que llegan al estado de conocimiento perfecto en más de 1 envío	20	87	10	90,9	0	0	9	100

“N”: Número de estudiantes.

- 2ª Prueba con i-SIDRA

En esta prueba participaron 51 alumnos (89,5%), de los que 11 (21,6%) alcanzaron el estado de conocimiento perfecto y de ellos 1 alumno contestó el test correctamente en el primer envío y por tanto, no necesitó la información del feedback. También en este caso, todos los alumnos que realizan un solo envío llegan al estado de conocimiento perfecto. En total, 50 alumnos (98%) utilizaron la información de los feedback diagnósticos aportados por el sistema i-SIDRA para intentar superar la prueba.

- 3ª Prueba con i-SIDRA

En esta prueba participaron 46 alumnos (80,7%), de los que ninguno alcanzó el estado de conocimiento perfecto y por lo tanto todos los alumnos recibieron feedback diagnóstico del sistema.

- 4ª Prueba con i-SIDRA

En esta prueba participaron 47 alumnos (82,5%), de los que 9 (19,1%) alcanzaron el estado de conocimiento perfecto y de ellos ningún alumno

contestó el test correctamente en el primer envío, por lo que todos los alumnos recibieron la información de los feedback diagnósticos resultantes de las respuestas al test.

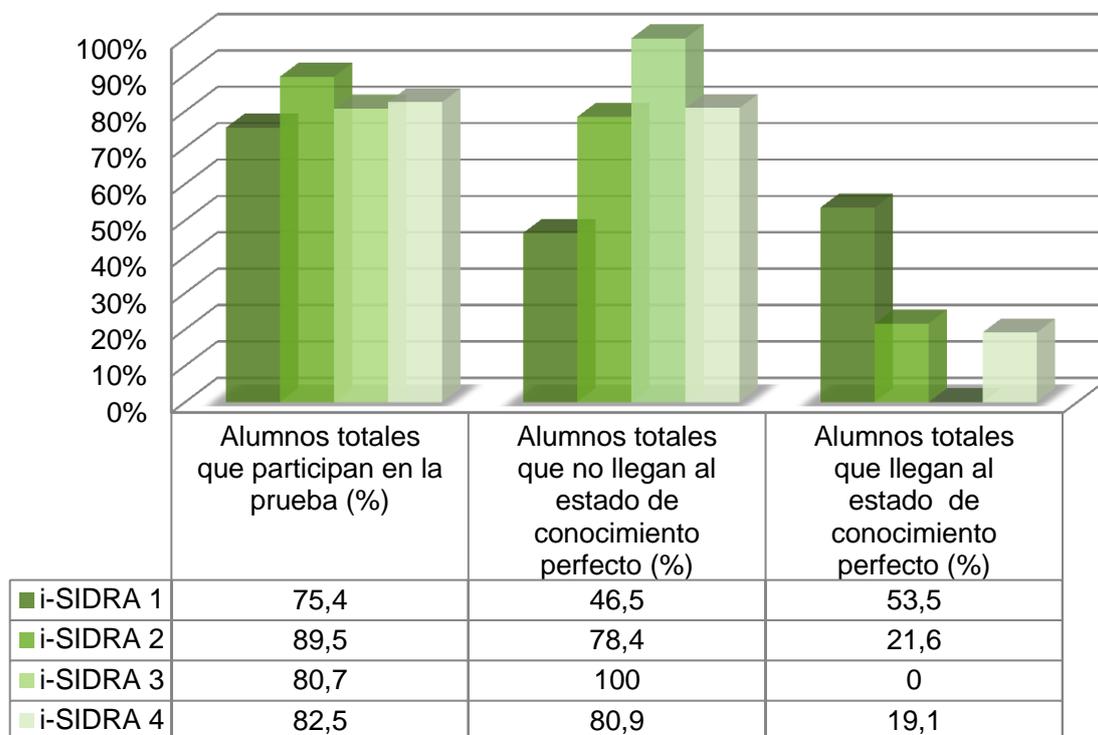


Gráfico 4.7. Porcentaje de alumnos que participan en las pruebas en función de que alcancen al estado de conocimiento perfecto o no.

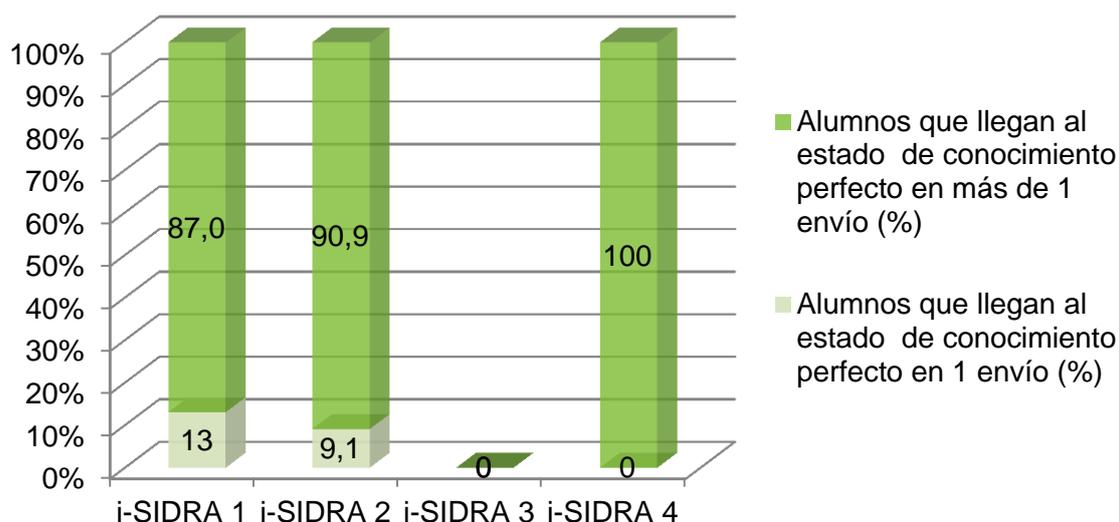


Gráfico 4.8. Porcentaje de alumnos que llegan al estado de conocimiento perfecto en el primer envío o posteriormente.

Como se observa en el Gráfico 4.7., a lo largo del experimento hay un importante seguimiento de las pruebas por parte de los alumnos, entre el 75,4 % y el 89,5% en todas las pruebas respectivamente, manteniéndose por encima del 80% en las tres últimas pruebas.

Aunque los alumnos encuentran dificultad para llegar al estado de conocimiento perfecto durante todos los ensayos que se realizaron, en la 1ª prueba se encuentra un elevado número de alumnos que responden correctamente al cuestionario, tanto en el primer envío como durante el ejercicio, llegando a alcanzar el 53,5% de alumnos (Gráfico 4.7) Sin embargo, esta tendencia decae bruscamente y en las pruebas 2ª y 4ª, los alumnos consiguen resolver el test solo en un 21,6% y 19,1%. Incluso es llamativo el hecho de que en la 3ª prueba con i-SIDRA, ningún alumno completó correctamente el cuestionario, ni en el primer envío ni a lo largo de toda la prueba.

En cuanto a la resolución de la prueba en un envío o más (Gráfico 4.8.), se destaca que el número de alumnos que resuelven el cuestionario en el primer envío se va reduciendo a lo largo de las pruebas. Solo en la 1ª y 2ª prueba se observa que un 13% y 9,1% de alumnos respectivamente, lo consigue, mientras que en la 3ª y 4ª prueba ningún estudiante resuelve el test en el primer envío. Además en la Tabla 4.19 se muestra como en las pruebas 3ª y 4ª existen alumnos que realizan un solo envío pero no resuelven el cuestionario.

4.2.2. Análisis de los tiempos y envíos al sistema i-SIDRA

Se estudió la evolución en los tiempos empleados por los estudiantes al completar cada prueba y el número de envíos realizados al sistema principalmente para ver cómo fue la reacción de los estudiantes durante la prueba ante la retroalimentación recibida de forma individual.

4.2.2.1. Análisis descriptivo del tiempo total, tiempo medio empleado y número de envíos realizados

A continuación pasamos a analizar los datos de las Tablas 4.21 y 4.22. respecto a las 4 pruebas de i-SIDRA.

Tabla 4.21. Tiempo total por prueba y número de envíos al sistema.

	i-SIDRA 1	i-SIDRA 2	i-SIDRA 3	i-SIDRA 4
Nº total de envíos	449	294	237	392
Tiempo total (min)	685	920	721	879
Nº máximo de envíos de un alumno	36	16	15	22

Tabla 4.22. Estadística descriptiva de tiempos y número de envíos.

	i-SIDRA 1		i-SIDRA 2		i-SIDRA 3		i-SIDRA 4	
	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS
Número de envíos por estudiante	10,44	8,25	5,76	3,83	5,15	3,14	8,34	4,86
Tiempo empleado por estudiante (min)	15,93	9,04	18,04	5,87	15,67	4,81	18,70	6,34
Tiempo entre envíos (min)	1,53	1,60	3,13	1,61	3,04	1,57	2,24	1,48

“M”: Media; “DS”: Desviación estándar

- 1ª Prueba con i-SIDRA

En esta prueba el sistema recibió un total de 449 envíos de respuesta al test, en un tiempo total de 685 minutos, lo que originó una media de tiempo entre envíos de 1,53 minutos. La media de envíos por estudiante fue de 10,44 durante la prueba, con un máximo de 36 envíos y la media de tiempo empleado por estudiante de 15,93 minutos.

- 2ª Prueba con i-SIDRA

En esta prueba el sistema recibió un total de 294 envíos de respuesta al test, en un tiempo total de 920 minutos, lo que dio lugar a una media de tiempo entre cada envío de 3,13 minutos. La media de envíos por estudiante fue de 5,76 durante la prueba con un máximo de 16 envíos y la media de tiempo empleado por estudiante de 18,04 minutos.

- 3ª Prueba con i-SIDRA

En esta prueba el sistema recibió un total de 237 envíos de respuesta al test, en un tiempo total de 721 minutos, lo que produjo una media de tiempo

entre envío de 3,04 minutos. La media de envíos por estudiante fue de 5,15 durante la prueba con un máximo de 15 envíos y la media de tiempo empleado por estudiante de 15,67 minutos.

- 4ª Prueba con i-SIDRA

En esta prueba el sistema recibió un total de 392 envíos de respuesta al test, en un tiempo total de 879 minutos, lo que originó una media de tiempo entre envíos de 2,24 minutos. La media de envíos por estudiante fue de 8,34 en la prueba con un máximo de 22 envíos y la media de tiempo empleado por estudiante de 8,34 minutos.

Si se observa la evolución del tiempo total de la prueba y del número total de envíos realizados al sistema a lo largo de las cuatro pruebas (Tabla 4.21.), encontramos que en la 1ª prueba el número de envíos totales es más elevado que en el resto, encontrándose una disminución muy acusada entre la 1ª y la 2ª prueba. Sin embargo, el tiempo total empleado en la 1ª prueba es menor que en el resto, hecho que puede deberse al elevado número de estudiantes que resuelven el test (53,3%) en la 1ª prueba (Gráfico 4.7.), lo que origina un menor tiempo empleado en la prueba.

El número de envíos por estudiante en la 1ª prueba (10,44 envíos), es prácticamente el doble que en la 2ª y 3ª prueba con 5,76 y 5,15 envíos respectivamente. Además la media de tiempo utilizado por los estudiantes en la 1ª prueba también se ve reducida en 1,53 min por envío.

En la 2ª prueba el número de envíos totales se redujo, pero el tiempo empleado fue el mayor de las cuatro series a pesar de que el 21,6% de los alumnos resolvieron el test (Gráfico 4.7.). Esta clara disminución del número de envíos se refleja en el número máximo de envíos por un estudiante que fue de 16 frente a los 36 encontradas en la 1ª prueba. Además en esta prueba aproximadamente 1 de cada 4 alumnos resolvieron la prueba.

En el caso de la 3ª prueba, los datos de tiempos y envíos son muy similares a los hallados en la 2ª prueba (Tabla 4.21 y 4.22.). No obstante, los resultados obtenidos son francamente peores ya que ningún alumno consiguió llegar al estado de conocimiento perfecto ni al principio ni durante la prueba. En

esta prueba se observó el menor número total de envíos y el menor número máximo de envíos máximo, con 15 envíos de las cuatro pruebas.

En la 4ª prueba sin embargo, volvió a subir tanto el número total de envíos como el tiempo total por prueba (Tabla 4.21.). El 19,1% de los alumnos que comenzaron la prueba llegaron a resolver el test durante su desarrollo (Tabla 4.22.), a pesar de que el 19, 1% de los alumnos que comenzaron la prueba consiguieron resolver el test durante su desarrollo (Gráfico 4.7.). La media de tiempo utilizada por estudiante fue de 18,70 minutos, muy similar a la encontrada en la 2ª prueba, con la que comparte rendimientos en cuanto a número de alumnos que alcanzan el estado de conocimiento perfecto.

Como se observa en la Tabla 4.23. y Gráfico 4.9., es de señalar que en todas las pruebas menos en la 3ª, se obtuvieron porcentajes similares de los alumnos que realizaron correctamente el test antes de alcanzar el tiempo medio de la prueba dedicado por estudiante, con 65,2%, y el 66,7% en la 1ª y 4ª prueba y un 72,7% en la 2ª prueba.

Tabla 4.23. Número de estudiantes que alcanzaron el estado de conocimiento perfecto en función del tiempo medio empleado.

	i-SIDRA 1		i-SIDRA 2		i-SIDRA 3		i-SIDRA 4	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Estudiantes que no superan el tiempo medio y llegan al estado de conocimiento perfecto	8	34,8	3	27,3	0	0,0	3	33,3
Estudiantes que superan el tiempo medio y llegan al estado de conocimiento perfecto	15	65,2	8	72,7	0	0,0	6	66,7

“N”: Número de la muestra.

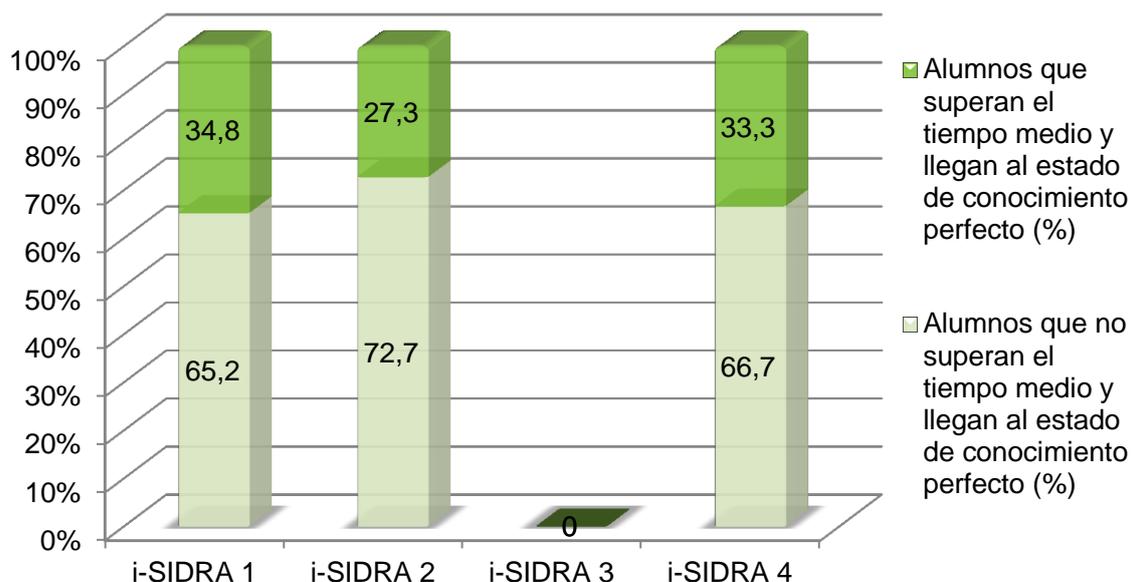


Gráfico 4.9. Porcentaje de estudiantes que alcanzaron el estado de conocimiento perfecto en función del tiempo medio empleado.

4.2.2.2. Análisis de correlación entre número de envíos con respecto a la puntuación del último envío y el tiempo empleado por estudiante y la puntuación del último envío

Para poder conocer si existe alguna relación entre el número de envíos y tiempo empleado por estudiante con respecto al número de respuestas correctas al final del ensayo o puntuación final, se calcularon los coeficientes de correlación.

Como se observa en la Tabla 4.24. la correlación entre las variables del número de envíos y la puntuación final mantienen una correlación inversa muy baja (-0,153 y -0,145) estadísticamente significativa en la prueba de i-SIDRA 2 y de i-SIDRA 4 respectivamente.

En el caso de la correlación entre las variables tiempo empleado por estudiante y la puntuación final se observa en la Tabla 4.25. una correlación inversa muy baja (-0,133) para las pruebas i-SIDRA 1 e i-SIDRA 2.

Tabla 4.24. Coeficientes correlación entre número de envíos y puntuación del último envío.

		Puntuación Final i-SIDRA1	Puntuación final i- SIDRA2	Puntuación Final i-SIDRA3	Puntuación Final i-SIDRA4
Número de envíos	Coeficiente de correlación	-0,034	-0,153	0,09	-0,145
	Sig. (bilateral)	0,824	0,284	0,551	0,343
	N	45	51	46	45

“Sig”: Significación; “N”: Tamaño de la muestra.

Tabla 4.25. Coeficientes correlación entre tiempo empleado por estudiante y puntuación final del último envío.

		Puntuación Final i-SIDRA1**	Puntuación final i- SIDRA2**	Puntuación Final i-SIDRA3*	Puntuación Final i-SIDRA4**
Tiempo empleado por estudiante	Coeficiente de correlación	-0,133	-0,133	0,02	-0,05
	Sig. (bilateral)	0,384	0,351	0,896	0,736
	N	45	51	46	47

*Correlación de Pearson, ** Correlación de Spearman.

“Sig”: Significación; “N”: Tamaño de la muestra.

4.2.3. Análisis del número de respuestas correctas entre el primer y último envío (efectividad del feedback)

Con el objetivo de comprobar la efectividad de la retroalimentación ofrecida por el sistema i-SIDRA, se estudió la evolución en el número de respuestas correctas (puntuación) en las pruebas para ver cómo los estudiantes progresaron en ellas.

4.2.3.1. Análisis descriptivo de la efectividad del feedback

A continuación pasamos a analizar los datos de las Tablas 4.26 y 4.27. respecto a las 4 pruebas de i-SIDRA.

Tabla 4.26. Número de alumnos que mejoran, no varían o empeoran el número de respuestas correctas obtenidas entre el último y el primer envío.

	i-SIDRA 1		i-SIDRA 2		i-SIDRA 3		i-SIDRA 4	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Nº de alumnos que mejoran con el número de respuestas correctas tras recibir feedback	37	92,5	38	76	23	51,11	35	76,1
Nº de alumnos que no varía el número de respuestas correctas tras recibir feedback	2	5	7	14	15	33,33	8	17,4
Nº de alumnos que empeoran con el número de respuestas correctas tras recibir feedback	1	2,5	5	10	7	15,6	3	6,5

“N”: Tamaño de la muestra.

Tabla 4.27. Estadística descriptiva de puntuaciones medias obtenidas en el primer y último envío en cada prueba y su diferencia o variación.

	i-SIDRA 1		i-SIDRA 2		i-SIDRA 3		i-SIDRA 4	
	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS
Puntuación del primer envío	7,56	1,93	5,24	2,34	6,07	1,90	5,21	2,02
Puntuación del último envío	9,86	1,55	6,69	2,43	6,83	1,77	6,96	2,22

“M”: Media; “DS”: Desviación estándar.

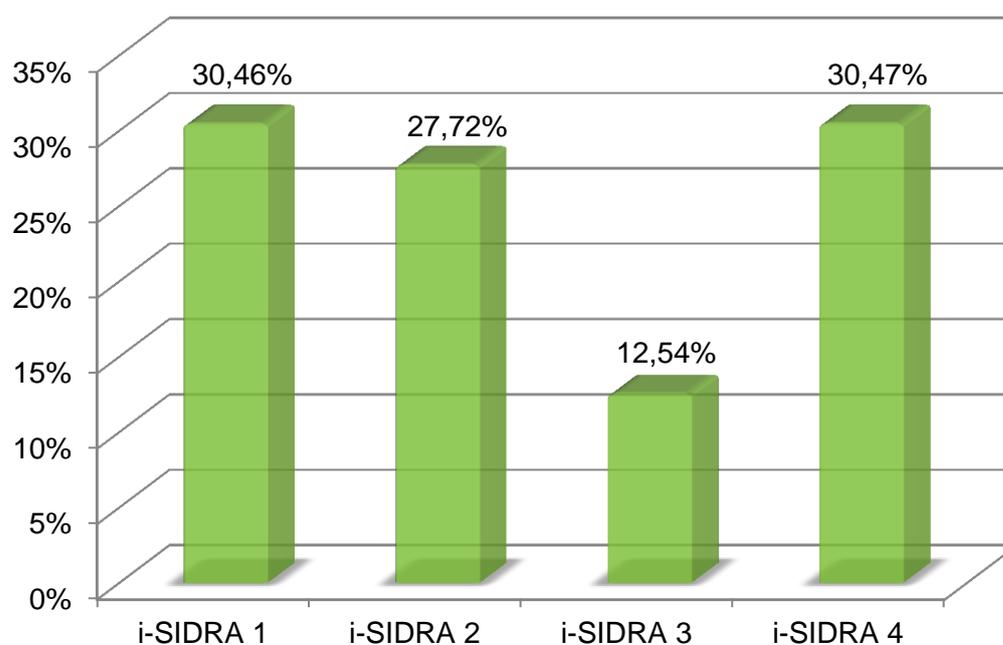


Gráfico 4.10 Porcentaje del incremento de las calificaciones medias entre el último y el primer envío en cada prueba.

- 1ª Prueba con i-SIDRA

Del total de los 40 estudiantes (93%) (Tabla 4.19.) que realizaron más de un envío durante la prueba, 37 (92,5%) mejoraron el número de respuestas correctas del primer envío al terminar la prueba, llegando hasta 7 aciertos más. Dos alumnos (5%) no mostraron ningún cambio en el número de respuestas correctas al finalizar la prueba e incluso 1 estudiante redujo los aciertos al final de la prueba en dos preguntas.

La media de la puntuación obtenida al principio del test fue de 7,56 respuestas correctas y tras terminar la prueba de 9,86 respuestas correctas, aumentando de media en 2,3 puntos, por lo que el porcentaje del incremento de las calificaciones medias entre el último y el primer envío fue del 30,46%, como se observa en el Gráfico 4.10.

- 2ª Prueba con i-SIDRA

Del total de los 50 estudiantes (89,5%) (Tabla 4.19.) que efectuaron más de un envío durante la prueba, 38 alumnos (76%) aumentaron el número de respuestas correctas iniciales al terminar la prueba, llegando hasta 6 aciertos más. Siete estudiantes (14%) no mostraron ningún cambio en el número de respuestas correctas al principio y final de la prueba, y 5 estudiantes (10%) redujeron el número de respuestas correctas hasta en dos preguntas.

La media de la puntuación obtenida al principio del test fue de 5,24 respuestas correctas y tras terminar la prueba fue de 6,69 respuestas correctas, lo que aumentó de media la puntuación en 1,45. El porcentaje del incremento de las calificaciones medias entre el último y el primer envío fue del 27,72%, como se observa en el Gráfico 4.10.

- 3ª Prueba con i-SIDRA

Del total de los 45 estudiantes (97,8%) (Tabla 4.19.) que realizaron más de un envío durante la prueba, 23 alumnos (51,11%) aumentaron el número de respuestas correctas iniciales al terminar la prueba, llegando hasta 4 aciertos más. Quince estudiantes (33,3%) no mostraron ningún cambio en el número de

respuestas correctas al principio y final de la prueba, y 7 estudiantes (15,56%) empeoraron hasta en dos preguntas.

La media de la puntuación obtenida al principio del test fue de 6,07 respuestas y tras terminar la prueba fue de 6,83 respuestas correctas, lo que aumentó de media la puntuación en 0,76. El porcentaje del incremento de las calificaciones medias entre el último y el primer envío fue de 12,24%, como se observa en el Gráfico 4.10.

- 4ª Prueba con i-SIDRA

Del total de los 46 estudiantes (97,9%) (Tabla 4.19.) que efectuaron más de un envío durante la prueba, 35 alumnos (76,1%) mejoraron sus puntuaciones iniciales al terminar la prueba, llegando hasta 6 aciertos más. Ocho estudiantes (17,4%) no mostraron ningún cambio en el número de respuestas correctas al principio y final de la prueba, y 3 estudiantes (6,5%) redujeron los aciertos en una pregunta.

La media de la puntuación obtenida al principio del test fue de 5,21 respuestas correctas y tras terminar la prueba fue de 6,96 respuestas correctas, lo que aumentó de media la puntuación en 1,75. El porcentaje del incremento de las calificaciones medias entre el último y el primer envío fue del 30,47%, Gráfico 4.10.

En cuanto a la eficacia del feedback, en la 1ª prueba se obtuvieron los mejores resultados como se observa en la Tabla 4.26. El 92,5 % de los participantes mejoraron el número de respuestas correctas tras realizar la 1ª prueba completa y además obtuvieron el menor porcentaje de alumnos que empeoran o no evolucionan (5% y 2,5% respectivamente). Además, el número de respuestas acertadas en el primer y último envío de la prueba también fue mayor con una puntuación de 7,56 al inicio y 9,86 al final.

No obstante, la 3ª y 4ª prueba obtuvieron buenos resultados con alumnos que mejoraron en un 76% y 76,1% respectivamente, e incluso tuvieron un número similar de alumnos que llegaron al estado de conocimiento perfecto, 21,6% y 19,1% respectivamente (Gráfico 4.7). Aunque el número de alumnos

que empeoraron también fue algo mayor que en la 1ª prueba con un 10% y 6,5% respectivamente y el número de alumnos que no evolucionaron fue más acusado con 14% y 17,4% respectivamente. Obsérvese en la Tabla 4.27. como a pesar de estos resultados, la diferencia entre las puntuaciones medias de la 2ª y 3ª prueba fue similar, 1,45 y 1,75, partiendo de una puntuación inicial de 5,24 y 5,21 respectivamente.

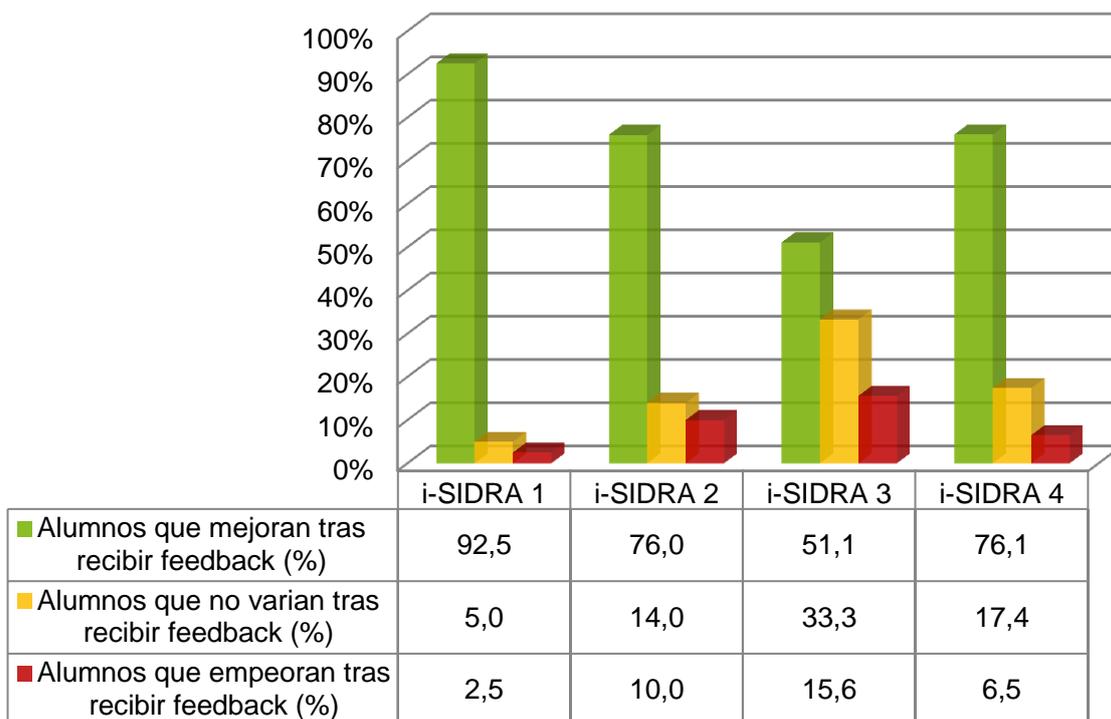


Gráfico 4.11. Porcentaje de alumnos que mejoran, no varían o empeoran el número de respuestas correctas obtenidas entre el último y el primer envío.

Según se aprecia en la Gráfica 4.11., la 3ª prueba obtuvo los resultados más pobres de toda la serie de pruebas y solamente el 51,1% de los alumnos mejoraron sus resultados e incluso el 33,3% ni siquiera variaron en el número de contestaciones correctas. No obstante, el número de respuestas o puntuación inicial fue más elevado que en la 2ª y 4ª prueba, con 6,07, aunque la diferencia entre el número de respuestas inicial y final fue el más bajo de toda la serie con 0,76 (Tabla 4.27).

Por otro lado, el porcentaje del incremento de las calificaciones medias entre el último y el primer envío i-SIDRA 1, 2, 3 y 4 fue del 30,46%, 27,72%, 14,54% y 30,47% respectivamente (Gráfico 4.10.), mostrando claramente un

importante descenso en la 3ª prueba, al ser lastrada por un elevado número de alumnos que no varían las puntuaciones o incluso las empeoran entre el primer y último envío de la prueba.

Hay que destacar que a pesar de que la puntuación del primer envío en la 1ª prueba, obtuvo los mejores resultados con 7,56 (Tabla 4.27.), también se obtuvo un importante porcentaje del incremento de las calificaciones medias del 30,46%. Además la 4ª prueba también obtuvo un resultado idéntico, pero con una puntuación de partida en el primer envío de 5,21.

4.2.3.2. Análisis comparativo entre las puntuaciones del primer y del último envío de las pruebas i-SIDRA

Tabla 4.28. Análisis comparativo de la puntuación entre primer y el último envío en las cuatro pruebas.

	N	M	DS	T	p
Puntuación primer envío i-SIDRA 1	43	7,56	1,931	8,297	0,000
Puntuación último envío i-SIDRA 1	43	9,86	1,552		
Puntuación primer envío i-SIDRA 2	51	5,24	2,337	6,844	0,000
Puntuación último envío i-SIDRA 2	51	6,69	2,429		
Puntuación primer envío i-SIDRA 3	46	6,07	1,902	3,602	0,001
Puntuación último envío i-SIDRA 3	46	6,83	1,768		
Puntuación primer envío i-SIDRA 4	47	5,21	2,021	6,476	0,000
Puntuación último envío i-SIDRA 4	47	6,96	2,216		

“N”: Tamaño de la muestra; “M”: Medias de puntuación “DS”: Desviación estándar; “T”: t-Student; “p”: nivel de significación.

En la Tabla 4.28. se muestran los resultados de la prueba t de Student para muestras pareadas con respecto a la variable respuesta correcta. En las cuatro pruebas se observó una diferencia estadísticamente significativa entre las puntuaciones obtenidas en el primer envío al sistema i-SIDRA (al comienzo de la prueba) y las puntuaciones en el último envío realizado (al final de la prueba). En todas las pruebas las puntuaciones obtenidas en el último envío fueron mayores.

4.2.3.3. Análisis de correlación entre la media de las diferencias de puntuación entre el último y el primer envío de las cuatro pruebas de i-SIDRA y las calificaciones del examen final

Para ver si existe correlación entre las diferencias observados en las puntuaciones o número de respuestas correctas entre el último y primer envío de las cuatro pruebas i-SIDRA, y la variable de calificaciones del examen final, se calculó el coeficiente de correlación de Pearson.

Tabla 4.29. Correlación entre la calificación del examen final y la media de las diferencias de puntuación entre el último y el primer envío de las cuatro pruebas.

		Calificación examen final
Media de las diferencias de puntuación entre el último y el primer envío	Correlación de Pearson	-0,147
	Sig. (bilateral)	0,343
	N	44

“Sig”: Significación; “N”: Tamaño de la muestra

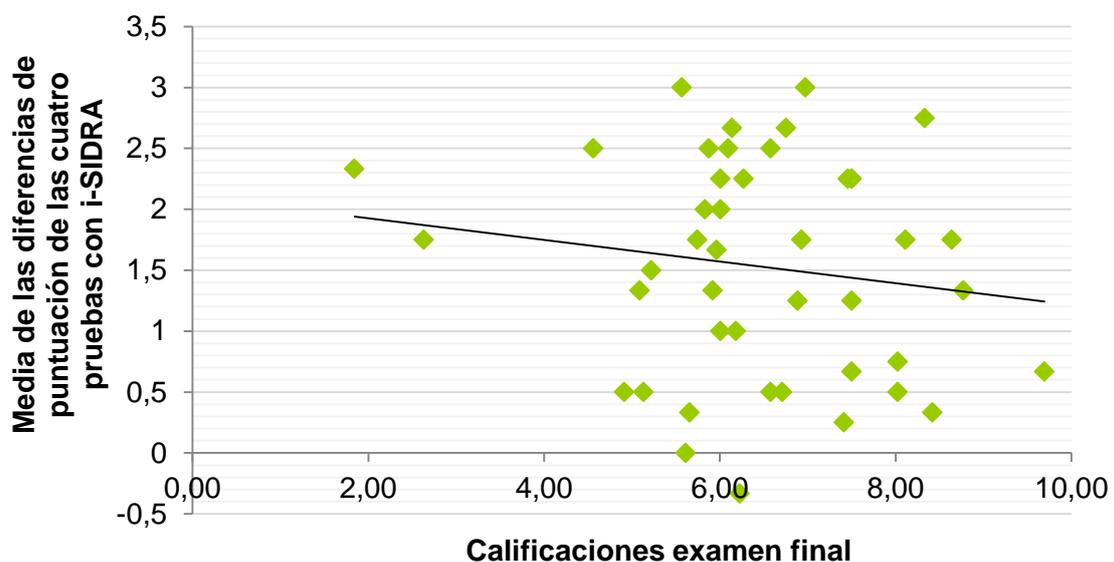


Figura 4.7. Diagrama de dispersión de las variables calificación del examen final y media de las diferencias de la puntuación entre el primer y el último envío de las cuatro pruebas, ajustados en base a la regresión lineal.

Se observó al utilizar el coeficiente de correlación de Pearson una correlación inversa muy baja ($r = -0,147$) estadísticamente significativa, entre

las variable de media de las diferencias de puntuación entre el último y el primer envío y las calificaciones del examen final (Tabla 4.29 y Figura 4.7).

4.2.3.4. Análisis de correlación entre la puntuación media del último envío de i-SIDRA y la calificación del examen final

Para la realización del coeficiente de correlación de Pearson se utilizaron la variable puntuación del último envío, obtenida por la media de las puntuaciones finales de las cuatro pruebas i-SIDRA, y la variable de calificaciones obtenidas en el examen final del grupo experimental.

Tabla 4.30. Coeficiente de correlación entre puntuación media del último envío y calificación del examen final.

		Calificación examen final
Puntuación del último envío en i-SIDRA	Correlación de Pearson	0,585
	Sig. (bilateral)	0,000
	N	44

“Sig”: Significación; “N”: Tamaño de la muestra.

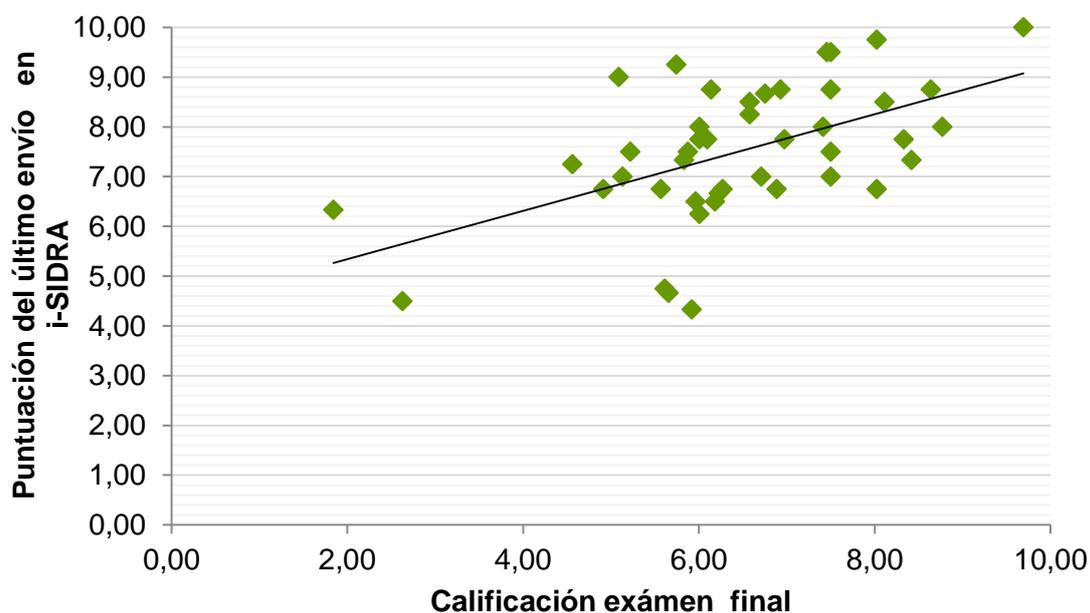


Figura 4.8. Diagrama de dispersión correspondientes de la variables puntuación del último envío y calificación del examen final, ajustados en base a la regresión lineal.

visitó durante la pruebas, excepto en el estado 1 y 10. En el diagrama se observa por ejemplo, como un alumno que se asocia al estado de conocimiento 9 puede ir al estado 11, a través del estado 13, antes de alcanzar el estado final o estado de conocimiento perfecto que contiene las respuestas correctas a todas las preguntas.

Los estados en esta prueba se organizaron en cuatro capas: nivel 1 (inicial), nivel 2 (intermedios), nivel 3 (avanzado) y nivel 4 (final o de estado de conocimiento perfecto), con unas puntuaciones medias de 70%, 63,6%, 75% y 100% respectivamente. Se observa una disminución en la puntuación media en la capa intermedia (63,30%), correspondiente a los estados 7, 12 y 13.

De las vías de inicio posible se utilizaron todos los estados de conocimiento excepto 7, 12 y 13 correspondiente al nivel intermedio y el estado 5 de un nivel superior. Además, la vía de inicio más empleada fue al estado de conocimiento 11 en el nivel 3, que tienen 11 y 30 transiciones. En cuanto a la transición entre niveles, la vía más repetida, se produjo entre el estado de conocimiento 6, del nivel inicial, y el estado 11, de nivel avanzado, entre 31 y 60 transiciones.

Con respecto al alcance del estado de conocimiento perfecto, todas las vías del nivel avanzado obtuvieron un éxito similar, teniendo un tráfico bajo, entre 1 y 10 transiciones.

Es destacable que la mayoría de los estados de conocimiento presentan entre 1 y 30 auto transiciones, excepto el estado 11 (entre 31 y 60) y los estados de conocimiento avanzados 2 y 8, que alcanzaron entre 61 y 80 auto transiciones.

- 2ª Prueba con i-SIDRA

En la Figura 4.10 se muestra el comportamiento de todos los estudiantes en la 2ª prueba de i-SIDRA. Se formaron 7 grupos de estados de conocimiento y en todos ellos hubo algún alumno del grupo experimental.

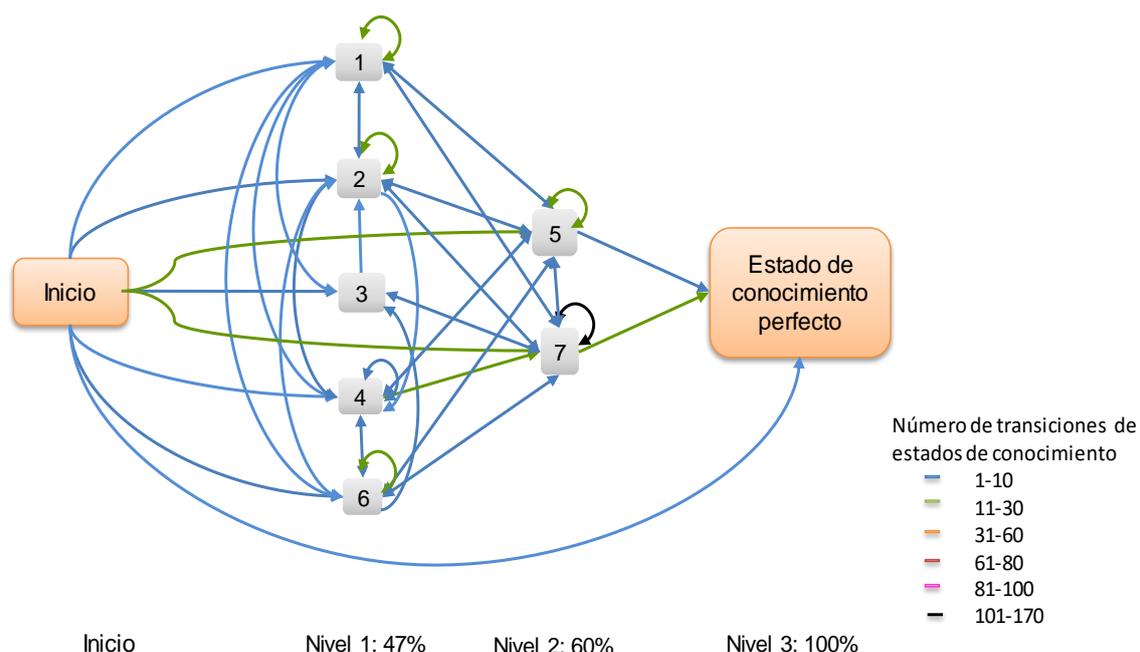


Figura 4.10. Diagrama de estados de conocimiento de modo global realizados por los alumnos del Grado de Farmacia en la 2ª prueba de i-SIDRA.

Los estados en esta prueba se organizaron en tres capas, sin estados intermedios: nivel 1 (inicial), Nivel 2 (avanzado) y nivel 3 (final o de estado de conocimiento perfecto), con unas puntuaciones medias de 47, 60% y 100% respectivamente. En esta prueba todos los estados de conocimiento tienen transiciones de salida.

De las vías de inicio posible se utilizaron todos los estados de conocimiento presentes en la prueba, siendo las vías más utilizadas al estado de conocimiento 5 y 7 correspondientes al nivel avanzado. Además, la transición de salida más común hacia el estado de conocimiento perfecto se apreció desde el estado 7 con un rango entre 11 y 30 transiciones.

Nótese que la mayoría de los estados de conocimiento presentan entre 1 y 30 auto transiciones, destacando en el nivel avanzado el estado de conocimiento 7, en el que se alcanzan entre 81 y 100 auto transiciones, aunque a su vez es la principal vía de llegada al estado de conocimiento perfecto.

3ª Prueba con i-SIDRA

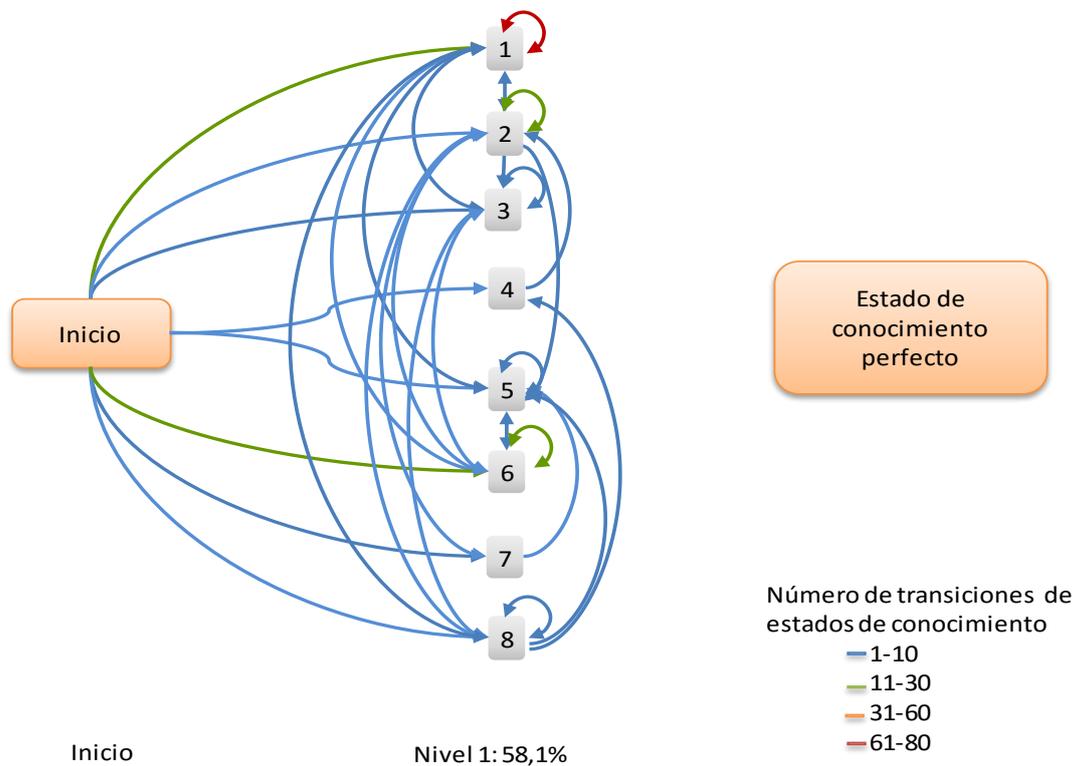


Figura 4.11. Diagrama de estados de conocimiento del grupo experimental del Grado de Farmacia en la 3ª prueba de i-SIDRA.

En la Figura 4.11. se representa el comportamiento como grupo de todos los estudiantes en la 3ª prueba de i-SIDRA. Se formaron 8 estados de conocimiento y todos ellos fueron visitados por algún alumno del grupo experimental al menos una vez durante la prueba.

Los estados en esta prueba se organizaron en un solo nivel que correspondía a los primeros envíos y que no derivaron en el nivel final o de estado de conocimiento perfecto, con una puntuación media de 58,1%. En esta prueba todos los estados de conocimiento tienen transiciones de salida, pero ningún alumno alcanzó el estado de conocimiento perfecto.

Se utilizaron todos los estados de conocimiento presentes en la prueba como vías de inicio. Las vías más utilizadas fueron los estados de conocimiento 1 y 6. Excepto en los estados 4 y 7, todos los demás muestran auto transiciones, siendo destacable el estado 1 que tiene entre 61 y 80 auto transiciones.

4ª Prueba con i-SIDRA

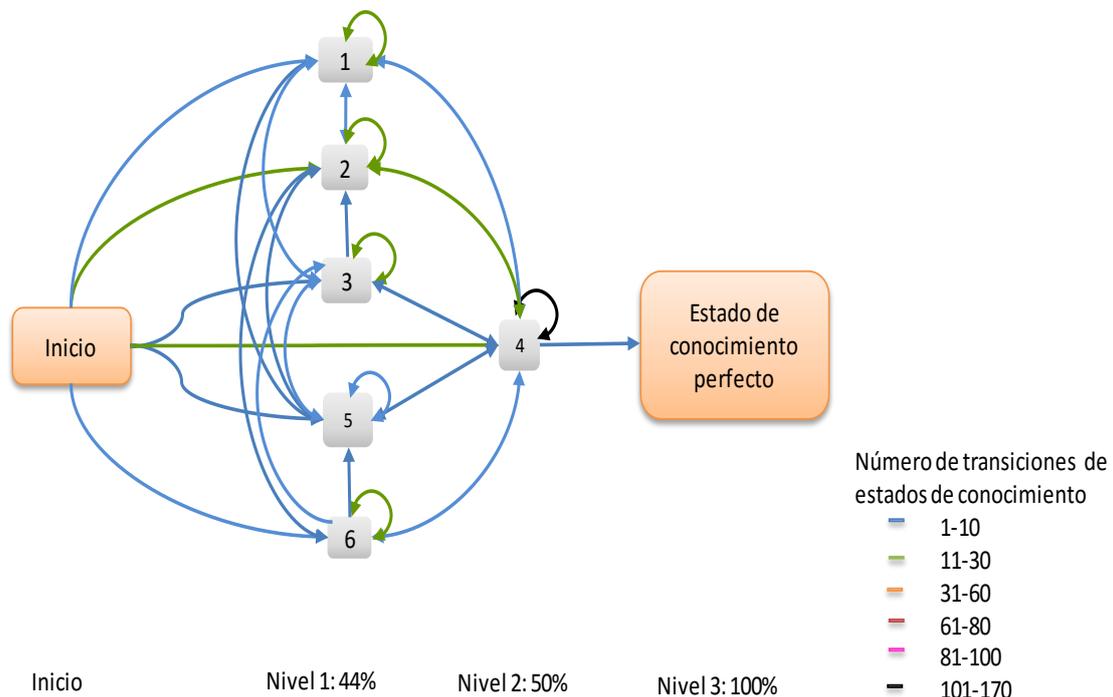


Figura 4.12. Diagrama de estados de conocimiento de modo global realizados por los alumnos del Grado de Farmacia en la 4ª prueba de i-SIDRA.

En el Figura 4.12 se representa el comportamiento como grupo de todos los estudiantes en la 4ª prueba de i-SIDRA. Se formaron seis estados de conocimiento y en todos ellos, se asoció algún alumno del grupo experimental al menos una vez durante la prueba.

Los estados en esta prueba se organizaron en tres capas: nivel 1 inicial), nivel 2 (avanzado) y nivel 3 final o de estado de conocimiento perfecto), con unas puntuaciones medias de 44%, 50%, y 100% respectivamente. En esta prueba todos los estados de conocimiento tienen transiciones de salida.

De las vías de inicio posible se utilizaron todos los estados de conocimiento presentes en la prueba, siendo las vías más comunes las de los estados de conocimiento 2 y 4. Además el estado 4 es el único hallado en el nivel avanzado. Es destacable que la vía transición entre el estado 2 y 4 fue la más utilizada, conectando los niveles 1 y 2.

En esta prueba todos los estados de conocimiento muestran entre 1 y 30 auto transiciones menos el estado de conocimiento 4 en el que suceden entre 101 y 170 auto transiciones, siendo la única vía de acceso al estado de conocimiento perfecto.

4.2.5. Análisis del SRA con SIDRA

4.2.5.1. Análisis comparativo de la puntuación del SRA con SIDRA y la puntuación de último envío en la prueba de i-SIDRA

Con este análisis se trató de comprobar si el uso del SRA con SIDRA introduce alguna mejoría valorable en el aprendizaje cognitivo de los alumnos tras realizar las pruebas con i-SIDRA. Para ello se comparan las puntuaciones obtenidas en la prueba del SRA con SIDRA y la puntuación final obtenida en las pruebas con i-SIDRA mediante el uso de la prueba de t de Student.

Como se muestra en la Tabla 4.31., no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los ensayos entre la puntuación del último envío a i-SIDRA y la puntuación obtenida en SIDRA. Además, sólo se observó un aumento en las puntuaciones obtenidas al realizar el SRA con SIDRA en las pruebas 2 y 4.

Tabla 4.31. Análisis comparativo entre la puntuación del último envío de i-SIDRA y la puntuación del SRA con SIDRA.

	N	M	DS	T	p
Puntuación último envío i-SIDRA 1	43	9,86	0,777	1,794	0,73
Puntuación en SIDRA 1	43	9,43	0,868		
Puntuación último envío i-SIDRA 2	51	6,69	2,429	0,756	0,453
Puntuación en SIDRA 2	51	6,82	2,313		
Puntuación último envío i-SIDRA 3	46	6,83	1,768	0,528	0,600
Puntuación en SIDRA 3	46	6,67	2,202		
Puntuación último envío i-SIDRA 4	47	6,96	2,216	1,870	0,068
Puntuación en SIDRA 4	47	7,32	2,065		

“N”: Tamaño de la muestra; “M”: Puntuaciones medias; “DS”: Desviación estándar; “T”: t-Student; “p”: Nivel de significación.

4.2.5.2. Análisis de Correlaciones entre las puntuaciones obtenidas en el SRA con i-SIDRA y las calificaciones del examen final

En este caso, se pretende observar si existe algún tipo de correlación entre las puntuaciones obtenidas en la prueba SRA con SIDRA tras realizar la prueba con i-SIDRA y las puntuaciones que los alumnos obtuvieron en el examen final, con el fin de conocer si pueden utilizar las puntuaciones del SRA como un predictor de la puntuación del examen final.

Tabla 4.32. Coeficientes correlación entre las puntuaciones del SRA con SIDRA y las calificaciones del examen final en cada una de las pruebas.

		Puntuación del SRA 1**	Puntuación SRA 2*	Puntuación del SRA 3**	Puntuación del SRA 4*
Calificación examen final	Coeficiente de correlación	0,093	0,476	0,315	0,315
	Sig. (bilateral)	0,715	0,002	0,045	0,039
	N	38	41	41	43

*Correlación de Pearson, ** Correlación de Spearman.

“Sig”: Significación; “N”: Tamaño de la muestra.

Como se observa en la Tabla 4.32. la correlación entre las variables puntuación del SRA con SIDRA y calificación del examen final, mantienen una correlación directa moderada (0,476) estadísticamente significativa en la prueba 2 de SRA y correlaciones directas bajas (0,315) para las pruebas 3 y 4 de SRA respectivamente.

4.2.6. Análisis de los resultados del grupo control y experimental en el examen final

Para poder analizar los resultados finales entre el grupo control y el grupo experimental, se han utilizado los indicadores de rendimiento y de éxito de la asignatura además de la comparación entre las notas medias obtenidas en los exámenes finales de la asignatura. Para poder comparar los resultados finales entre el grupo control y el grupo experimental, a los alumnos del grupo experimental se les aplicó un criterio de exclusión, que no fue aplicado para el estudio general de i-SIDRA, en el que se descartaron a los estudiantes que no hubieran realizado al menos tres de las cuatro pruebas de i-SIDRA.

4.2.6.1. Indicador de rendimiento de la asignatura

- Tasa de rendimiento del grupo experimental:

$$44/46*100= 95,65\%$$

- Tasa de rendimiento del grupo control:

$$45/51*100= 88,24\%$$

Según el indicador de rendimiento de la asignatura, se observa que el grupo experimental obtuvo una mayor tasa de rendimiento que la del grupo control.

4.2.6.2. Indicador de éxito de la asignatura

- Tasa de éxito para el grupo experimental:

$$40/44*100= 90,91\%$$

- Tasa de éxito para el grupo control:

$$26/45*100=57,78\%$$

Según el indicador de éxito de la asignatura, se muestra que el grupo experimental obtuvo una mayor tasa de éxito que el grupo control.

4.2.6.3. Razón de probabilidad (odds ratio, OR) según los alumnos del grupo control (i-SIDRA) frente al grupo experimental para el evento de aprobar el examen final

Para analizar los datos de los alumnos aprobados y suspendidos del grupo control y experimental, se efectuó un análisis bivariado con Tablas de contingencia ($p < 0,05$) y de asociación mediante una odds ratio con modelos de regresión logística binaria (intervalo de confianza del 95% [IC95%]).

En la Tabla 4.33., se muestra que los alumnos que utilizaron i-SIDRA tienen un probabilidad 6,410 veces mayor de aprobar que los alumnos que emplearon solo una metodología tradicional.

Tabla 4.33. Razón de probabilidad (OR) para el evento aprobar el examen final al utilizar i-SIDRA más SRA de SIDRA.

	B	E.T.	Wald	gl	Sig.	Exp(B)	I.C. 95% para EXP(B)	
							Inferior	Superior
i-SIDRA	1,858	0,520	12,778	1	0,000	6,410	2,315	17,753
Constante	0,039	0,280	0,020	1	0,889	1,040		

“B”: Coeficiente B , “E.T.”: Error típico (error estándar); “Wald”: test de Wald, “gl”: grados de libertad, “Sig.”: Significancia, “Exp (B)”: Exponencial de B, “I.C.”: Intervalo de confianza.

4.2.6.4. Análisis descriptivo de los resultados del grupo experimental y control en el examen final

En la Tabla 4.34. se exponen los resultados (nota media del examen final) del grupo experimental y el grupo de control. Se observa que los estudiantes que usaron i-SIDRA obtuvieron mejores resultados en el examen final que los estudiantes del grupo de control.

Tabla 4.34. Estadística descriptiva de los resultados del examen final.

Grupo	N	M	Md	DS
Experimental (i-SIDRA)	44	6,473	6,250	1,484
Control	45	4,464	4,580	1,386

“N”: Tamaño de la muestra; “M”: Media de la nota del examen final; “Md”: Mediana; “DS”: Desviación estándar.

4.2.6.5. Análisis comparativo de los resultados del examen final entre el grupo experimental y grupo control

Como se aprecia en la Tabla 4.35., se aplicó una prueba t de Student para muestras no relacionadas para la variable resultados del examen final, que reveló una diferencia estadísticamente significativa ($T(87) = 6,59$; $p < 0,01$) entre el grupo experimental (estudiantes que utilizan i-SIDRA) y el grupo control (estudiantes que utilizan una metodología de aprendizaje tradicional).

Tabla 4.35. Análisis comparativo entre la calificación del grupo control y del grupo experimental.

	N	M	DS	T	p
Calificaciones grupo experimental (i-SIDRA)	44	6,473	1,484	6,59	0,000
Calificaciones grupo control	45	4,464	1,386		

“N”: Tamaño de la muestra; “M”: Medias de respuestas correctas “DS”: Desviación estándar; “T”: t-Student; “p”: Nivel de significación.

4.2.6. Encuesta de satisfacción

Según se muestra en la Tabla 4.36. y Gráfico 4.12., el uso de i-SIDRA fue evaluado positivamente de modo general por los estudiantes. Se valoró muy positivamente tanto el uso de la herramienta como los tiempos empleados en la actividad (mediana: 4 en P1-P2). El 93% de los alumnos (Gráfica 4.12), están muy satisfechos con la utilidad de i-SIDRA como herramienta de auto evaluación, favoreciendo su proceso de aprendizaje. Además fue bien considerada como instrumento aclaratorio para la comprensión de conceptos de la asignatura (mediana: 5 en P3-P4).

Los feedback proporcionados por el sistema obtuvieron las valoraciones más bajas con una satisfacción media (Mediana: 3 en P7), solo el 43% de los alumnos (Gráfica 4.12) estaban satisfechos. No obstante, los alumnos reconocieron que el sistema i-SIDRA favorece y mejora su proceso de aprendizaje (Mediana: 4,5 en P5). Los contenidos tratados en las pruebas y la metodología empleada para el aprendizaje en anatomía fueron valorados muy satisfactoriamente por el 93% de los alumnos (Gráfica 4.12). La valoración de la percepción del alumno en la influencia del sistema i-SIDRA en sus calificaciones finales fue elevada (Mediana: 4 en P9) y no parecen tener inconveniente en la repetición de la experiencia en otra asignatura, valorándola de forma muy satisfactoria (mediana: 5 en P8).

Por último, el 100% de los alumnos valoraron muy positivamente al profesor en la incorporación y empleo del sistema i-SIDRA (Mediana: 5 en P11).

Tabla 4.36. Estadística descriptiva de la encuesta de satisfacción sobre el sistema i-SIDRA más un SRA de SIDRA.

	Preguntas	M	DS	Md
P1	Está satisfecho con el uso del sistema i-SIDRA.	4,39	0,65	4
P2	Los tiempos para cada actividad le han parecido suficientes.	4,24	0,77	4
P3	Le resulta útil el sistema i-SIDRA durante el curso.	4,43	0,72	5
P4	El sistema i-SIDRA favorece la aclaración y comprensión de conceptos.	4,40	0,86	5
P5	El sistema i-SIDRA favorece y mejora el proceso de aprendizaje.	4,43	0,62	4,5
P6	El sistema i-SIDRA le resulta útil como herramienta de autoevaluación.	4,50	0,69	5
P7	Creas que los feedback recibidos han sido de utilidad para mejorar sus conceptos.	3,35	1,22	3
P8	Le gustaría usar este sistema en otras asignaturas.	4,41	0,91	5
P9	Cree que el uso de este sistema influirá positivamente en sus calificaciones.	4,29	0,73	4
P10	Los contenidos suministrados y la metodología empleada en la asignatura le han parecido adecuados para el aprendizaje de anatomía.	4,59	0,69	5
P11	El profesor incorpora y emplea con eficiencia el sistema i-SIDRA en clase.	4,78	0,42	5

"M": Media; "DS": Desviación estándar y "Md" Mediana

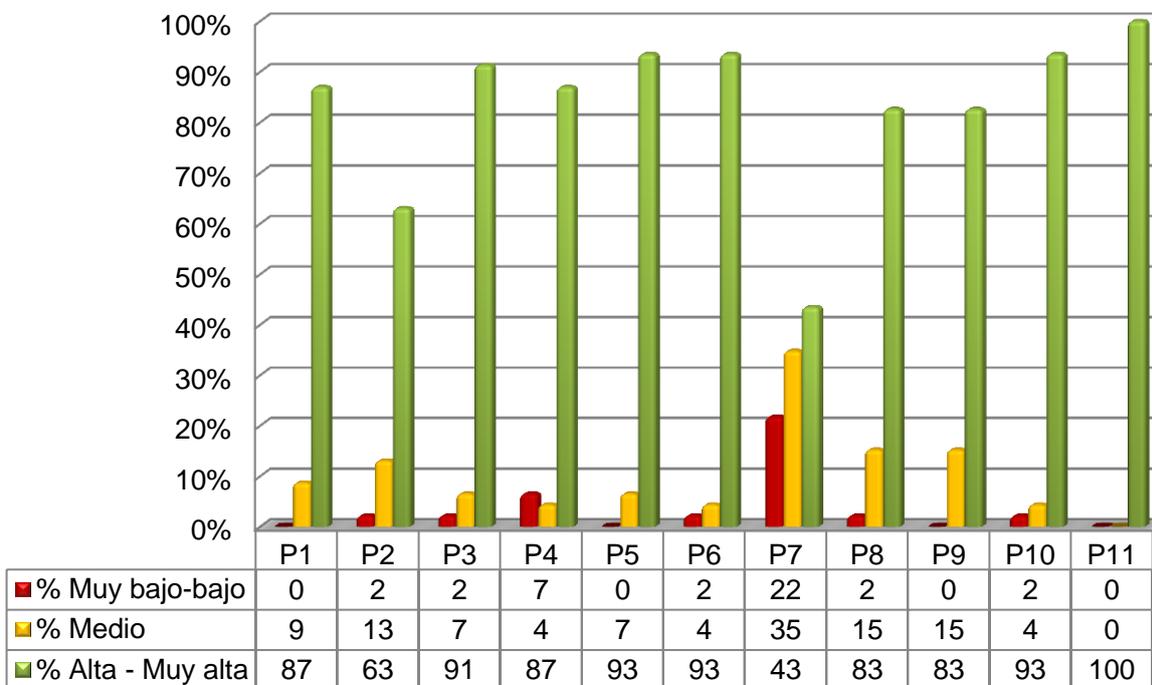


Gráfico 4.12. Valoración de los alumnos sobre el sistema i-SIDRA más un SRA de SIDRA, recogidas en la encuesta de satisfacción.

4.3. Resultados del meta-análisis con los experimentos de Medicina y Farmacia

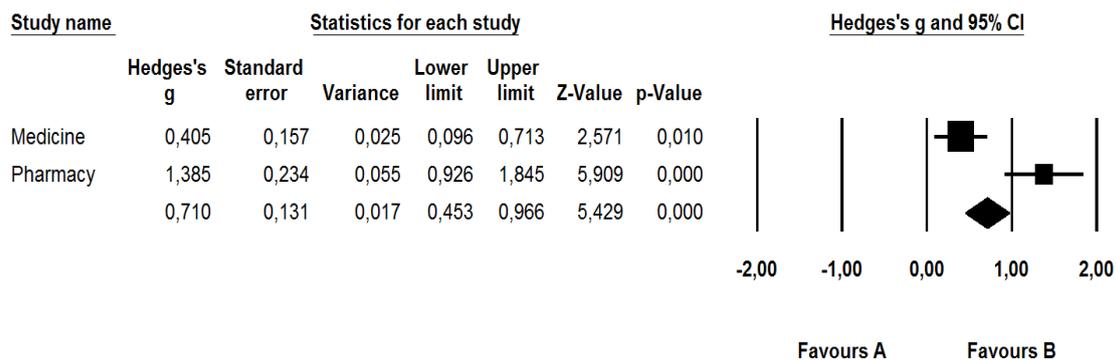
Se realizó un meta-análisis para descubrir el tamaño del efecto de i-SIDRA en el rendimiento académico o calificaciones de los estudiantes en el examen final de ambos experimentos.

El Figura 4.13. se muestra el diagrama de efectos al comparar las notas finales del grupo control y el grupo experimental, teniendo en cuenta los dos experimentos realizados. El tamaño de los cuadrados simboliza el efecto evaluado en cada estudio y es proporcional al peso individual de cada experimento en el meta-análisis, observándose mayor peso en Medicina debido al mayor número de alumnos involucrados en su experimento. La línea horizontal que los atraviesa representa el intervalo de confianza. Cuanto más larga sea la línea, mayor será el intervalo y, por tanto, los resultados del estudio serán menos precisos. En este caso se observa de mayor longitud en el experimento de Farmacia. Los efectos individuales (los cuadrados), se posicionan a izquierda, derecha o sobre la línea de no efecto, dependiendo del resultado individual obtenido en cada estudio, encontrándose ambos experimentos al lado derecho de la línea de no efecto.

El diamante, al final del diagrama de efectos, significa el resultado global del meta-análisis del conjunto de los dos experimentos. El centro del diamante es el valor del efecto global y el ancho representa el intervalo de confianza general, donde se observa que se encuentra claramente a un lado de la línea, por lo que puede considerarse estadísticamente significativo.

Por otro lado, los valores de la métrica de Hedges han sido mayores a cero, siendo para el experimento de Medicina 0,405 y para el experimento de Farmacia de 1,385 y el efecto global de test ha sido de 0,710.

Meta Analysis



Meta Analysis

Figura 4.13. Diagrama de efectos mostrando el meta-análisis de los experimentos que analizan el rendimiento académico de los alumnos al utilizar i-SIDRA.



5. DISCUSIÓN

5.1. Discusión en el Grado de Medicina

A pesar de una exhaustiva revisión bibliográfica apenas se han encontrado artículos que muestren evidencias sobre la influencia de la retroalimentación diagnóstica inteligente con sistema de red neuronal en los rendimientos académicos de los alumnos, por lo que es difícil hacer comparaciones.

También es de destacar que en nuestro trabajo se ha utilizado por primera vez el SRA como apoyo al sistema i-SIDRA, ya que se ha observado en trabajos anteriores (23) y en nuestra propia experiencia, que los alumnos se frustran cuando realizan varias repeticiones de los cuestionarios sin lograr la solución y más aún si no se les proporciona al final. Además, el SRA ha sido identificado en múltiples trabajos como una tecnología educativa que puede ser muy valiosa para el aprendizaje del alumno (31, 35, 84, 119, 127-129).

Esto hace más singular nuestro estudio, ya que la aportación que se realiza desde el SRA es complementaria al aprendizaje realizado en i-SIDRA, siendo inseparable y no cuantificable, por lo que ambos sistemas se encuentran integrados en este experimento cuando se realiza el estudio a nivel de los rendimientos académicos.

5.1.1. Actividad del estudiante durante el desarrollo de las pruebas con i-SIDRA

El compromiso del estudiante ante sistemas de aprendizaje como los SRA es uno de los beneficios más comúnmente identificados en la literatura (27). Sin embargo, en nuestro estudio con los alumnos del Grado de Medicina, hemos observado como ese interés del alumno ha ido disminuyendo a lo largo del tiempo y si bien el seguimiento inicial alcanzó el 96,67 % de participación, éste fue descendiendo hasta llegar al 74,44% en la última prueba. Esto podría tener su origen en varias causas:

- Por la frustración que pudieran sufrir al no recibir las respuestas correctas de forma inmediata durante la prueba y tener que esperar días para conocer la solución, ya que estos alumnos realizan la actividad a distancia. Esto nos fue comentado por los alumnos en algunas

ocasiones durante las clases. Trabajos como los de Gou et al 2013 (23), también indicaban la incomodidad y frustración de los alumnos al no llegar a conocer las respuestas correctas al cuestionario.

No obstante, en nuestro estudio incorporamos la prueba de SRA con SIDRA precisamente con el fin de facilitarles las soluciones y proporcionar un sistema de feedback inmediato para resolver dudas y mal entendidos, a diferencia de los trabajos que únicamente emplean un SORIIR (20, 23).

- Porque no alcanzaron a comprender el funcionamiento y beneficios de la incorporación de un nuevo sistema de aprendizaje como i-SIDRA, fundamentalmente respecto al feedback que no proporcionaba la respuesta correcta (20).
- Porque el carácter voluntario de las pruebas les permitía abandonar el experimento sin perjuicio alguno en cualquier momento. Hemos observado que hacia el final del trimestre coinciden varios eventos, como exámenes de otras asignaturas, entrega de trabajos, etc. que pueden tener repercusiones en la dedicación que requiere el sistema i-SIDRA.
- Posible pérdida de interés en el uso del sistema tras varias sesiones. A pesar de la actitud favorable del docente y del estudiante hacia las nuevas tecnologías (141), sobre todo al comienzo del experimento, esta actitud parece decaer a lo largo del curso posiblemente por la pérdida del carácter novedoso de la herramienta.

En cuanto al número de alumnos que alcanzan el estado de conocimiento perfecto, observamos variaciones a lo largo del experimento. Durante las tres primeras pruebas, encontramos como disminuía el número de alumnos que resolvían los cuestionarios. El origen de esta tendencia descendente podría deberse al aumento de la complejidad de los bloques conforme avanza el curso y a la sobrecarga de materias que comparten el trimestre, lo que acarrearía una disminución progresiva de la preparación de los estudiantes para las pruebas.

En cuanto a los alumnos que resolvían los test en más de 1 envío, es decir, que lo hacían principalmente con la ayuda del sistema i-SIDRA, también observamos como disminuye su número en las tres primeras pruebas y pensamos que esto podría deberse a una deficiencia en los feedback. Sin embargo, se pudo observar que un gran porcentaje de alumnos mejoraban su puntuación a lo largo de las pruebas, aunque con distinto grado de progreso, lo que nos hizo pensar que sí que era adecuado el soporte de la información que ofrecen los feedback diagnósticos.

Los mejores resultados se obtuvieron en la última prueba donde la mitad de los alumnos respondieron correctamente al test e incluso más de la mitad de ellos lo hicieron en el primer envío. Este mejor rendimiento puede estar relacionado con la proximidad de la fecha del examen final que hace que el estudiante tenga más nivel de conocimientos de la asignatura y mejore su rendimiento en la prueba con i-SIDRA.

Respecto al número de estudiantes que realizaban un solo envío. y que abandonaban la prueba a pesar de no alcanzar la solución, hemos observado un aumento a lo largo del experimento. Una posible explicación a este hecho es que al realizarse la prueba a distancia los alumnos no pueden ser dirigidos, ni controlados por los instructores, por lo que podía darse el caso del que el estudiante realizara una rápida consulta de los cuestiones sin desarrollar la actividad en sí, en busca de preguntas a las que responder y no de las que aprender. Creemos que eran alumnos que no querían abandonar el experimento ni desaprovechar la oportunidad de la auto-evaluación con las cuestiones ofrecidas por el profesor. No puede olvidarse el hecho de en algún caso esto se debiera a un problema técnico, aunque no tenemos constancia del mismo.

Téngase en cuenta que los sistemas a distancia proporcionan una ventaja considerable al permitir el acceso continuado sin limitación horaria o geográfica (6), pero algunos aspectos importantes se escapan al control del profesor: el modo en el que el alumno realiza la prueba, si lo hace de forma individual o colectivamente, o incluso la comprobación de la autoría del ejercicio (101).

5.1.2. Tiempos y envíos realizados por el alumno al sistema i-SIDRA

5.1.2.1. Tiempo total, tiempo medio empleado y número de envíos realizados

En la 1ª prueba el número total de envíos y el tiempo total por prueba son más elevados que en las sucesivas, reduciéndose incluso a prácticamente la mitad en la segunda. Creemos que esto pueda deberse al primer contacto y adaptación del alumno a un sistema informático nuevo como puede ser i-SIDRA, que proporciona feedback formativos y no correctivos, como otros autores apuntan también (73). Los feedback formativos requieren de la atenta lectura y reflexión por parte del alumno para hallar la solución, ya que en cierta medida, les desconcierta que el sistema no proporcione una solución directa, como ellos esperarían (23). Pensamos que este primer contacto les llevó a responder un mayor número de veces, posiblemente de forma azarosa y dedicándole un mayor tiempo en buscar la solución.

Esto se reflejó en el tiempo medio empleado por estudiante que fue mayor en la 1ª prueba (20,67 minutos), a pesar de que el 39% de los alumnos, alcanzaron el estado de conocimiento perfecto, lo que en un principio debería haber reducido el tiempo medio. No obstante, el tiempo medio por estudiante en otros estudios (23) fue también elevado (25,8 minutos), teniendo en cuenta que solo se realizó una prueba y que no estaba limitada en tiempo a diferencia de nuestra prueba. Estos valores podrían corroborar el hecho de que en un primer contacto los alumnos dedican más tiempo a la prueba hasta conocer mejor el sistema.

También se observó cómo ambos parámetros (tiempo total y envíos totales) se fueron reduciendo de forma progresiva en el resto de las pruebas de nuestro experimento, lo que podría indicar una adecuada adaptación del alumno al sistema con una mayor eficacia en el uso de i-SIDRA, encontrando en la última prueba los mejores resultados con el menor número de envíos y tiempo empleado, algo que podía ser previsible.

En la 3ª prueba esa disminución progresiva del tiempo y envíos podría llevarnos a pensar que los alumnos son más eficientes en el uso de i-SIDRA,

sin embargo, en la 3ª prueba se obtuvieron los peores resultados, en todos los aspectos, de la serie de pruebas. Una posible explicación sería el desinterés en el uso del sistema por varios motivos:

- Al realizarse las pruebas de forma no supervisada, la actitud y realización de la prueba escapan al control del profesor (101), y el alumno puede abandonar el sistema en cualquier momento aunque no consiga la solución al test o no consuma el tiempo destinado a la prueba.
- Una mayor complejidad de los temas con el avance del curso.
- Una sobrecarga de los estudiantes por el número de asignaturas que cursan, y que produce una caída en su rendimiento (142).

Además de estos motivos generales, creemos que la causa de esta situación es que la 3ª prueba correspondía al bloque de Anatomía Musculoesquelética del miembro inferior, que en nuestra experiencia siempre genera mayores dificultades en el aprendizaje. Es habitual en nuestra organización docente que el miembro inferior sea impartido tras del miembro superior, que presenta una gran complejidad por el número de músculos implicados, sus orígenes e inserciones y la relación con sus acciones. De forma que se comienza a explicar el miembro inferior, que básicamente es igual o más complicado que el superior en algunos aspectos, cuando los alumnos todavía no han terminado de asimilar estos conocimientos.

En cuanto al tiempo medio entre envíos, llama la atención que se mantuviera prácticamente constante en las cuatro pruebas, con 2,12, 2,26, 2,25 y 2,05 minutos respectivamente. Esto puede mostrar una dedicación similar del alumno en la lectura y reflexión de los feedback proporcionados por el sistema, a lo largo de todo el experimento, a pesar de la mayor o menor dificultad que encuentren en las pruebas. El origen de este hecho inesperado está relacionado con lo sucedido con los envíos totales y el tiempo empleado por estudiante que ha disminuido de forma constante, manteniendo el tiempo entre envíos también constante. Estudios anteriores (20) apuntan a que el escaso tiempo que dedican los estudiantes a leer el feedback, sin tiempo suficiente a la reflexión, sobre todo si se tienen dificultades en la resolución, parece dejar claro que el alumno no ha entendido el propósito de la prueba, o quizás podría

deberse a un desinterés en la realización de la prueba como ya hemos comentado anteriormente.

En cuanto a los alumnos que alcanzan el estado de conocimiento perfecto durante el desarrollo de las pruebas, excepto en la 3ª, comprobamos que la mayoría lo hicieron antes de consumir el tiempo medio, revelando tanto la mejor preparación y estudio de estos alumnos ante la prueba como una mejor comprensión de los feedback diagnósticos.

En otros estudios llevados a cabo a nivel universitario se comenta la existencia de una mejor preparación de los estudiantes antes de realizar las pruebas con las nuevas tecnologías, ya que sus conocimientos van a ser evaluados (72), y esto podría favorecer también una estimulación del estudio de forma continuada durante el curso.

5.1.2.2. Correlación entre número de envíos con respecto a la puntuación final de la prueba y el tiempo empleado por estudiante con respecto a la puntuación final de la prueba en i-SIDRA

En cuanto al estudio de la correlación entre el número de envíos efectuados por el estudiante y las puntuaciones finales obtenidas en cada prueba i-SIDRA, salvo en la 3ª prueba, encontramos una correlación inversa baja estadísticamente significativa. Esto apuntaría básicamente a que los alumnos que realizan un mayor número de envíos a lo largo de la prueba, obtienen peores resultados al final de ella.

Y en cuanto a la correlación entre el tiempo empleado por estudiante y la calificación final alcanzada en las pruebas i-SIDRA, se obtuvo una correlación inversa baja estadísticamente significativa de -0,37 en las pruebas 1ª y 4ª, destacando que en estas dos pruebas se obtuvieron los mejores rendimientos.

Este hecho indicaría que los alumnos que menores tiempos emplean en la realización de los test tienden a tener mejores calificaciones. Una interpretación factible sería que los alumnos que más estudian para la preparación de las pruebas, tienen más conocimientos y por ello necesitan menos envíos y tiempo para resolver los cuestionarios.

Y así se explicaría también que los alumnos menos preparados realizan un mayor número de envíos dedicando más tiempo en busca de la solución sin éxito, ya que como se indica en otros trabajos que empleaban un SORIIR (20), el elevado número de combinaciones posibles en un test de 10 preguntas con 5 opciones múltiples hace muy poco probable el acierto debido al azar.

5.1.3. Efectividad del feedback

5.1.3.1. Número de respuestas correctas al test entre el primer y último envío de las pruebas i-SIDRA

La retroalimentación o feedback es un elemento clave en el sistema de i-SIDRA por lo que su elaboración cuidadosa y pertinente es fundamental para que los estudiantes interpreten fácil y adecuadamente la información suministrada (23). El elevado porcentaje de alumnos que en nuestro experimento mejoraron sus resultados, nos indica que el feedback diagnóstico les suministró el soporte adecuado a su necesidad.

En la 1ª prueba, Introducción a la Anatomía Macroscópica y a la Anatomía musculoesquelética del tronco y en la 4ª prueba, Anatomía musculoesquelética de la cabeza y el cuello, un 90,36% y un 86,49% de estudiantes consiguieron mejorar sus puntuaciones al finalizar la prueba, mientras que en las pruebas 2ª y 3ª sobre la Anatomía musculoesquelética del miembro superior y Anatomía musculoesquelética del miembro inferior este porcentaje fue del 66,23% y 60,32% respectivamente.

Interpretamos que estas diferencias pueden ser debidas a varios factores, como la menor complejidad de la materia del bloque o la mejor preparación de la asignatura, lo que facilita la interpretación del feedback o el efecto novedoso del sistema en la 1ª prueba, que creemos motiva a los estudiantes (141). Sin embargo, recordamos que el primer contacto con el sistema les generó cierta dificultad, probablemente por el inapropiado conocimiento de la tecnología empleada (127), ocasionando un aumento en el número de envíos y tiempos empleados. En el caso de la prueba 4, al final del cuatrimestre, los alumnos estarían más preparados ya que el examen final de la asignatura de Anatomía estaba muy próximo.

Respecto a los alumnos que no mejoran sus puntuaciones al finalizar cada prueba, observamos en la 2ª y 4ª prueba, que 1 de cada 4 alumnos no aumenta el número de respuestas correctas. Esto se podría relacionar con las puntuaciones medias del primer envío en ambas pruebas, 6,79 y 7,25 respectivamente que fueron las mejores de todas las pruebas. Pensamos que al partir de un número de respuestas correctas muy elevado, las preguntas más sencillas han sido respondidas al principio de la prueba, quedando sin contestar las más complejas o las preguntas sobre las que no tienen conocimientos suficientes, como ya se indicó en otros estudios (22).

En la 3ª prueba casi 1 de cada 6 alumnos empeoró la puntuación media partiendo de una puntuación inicial menor (5,68) que las otras pruebas. Esto indicaría que los alumnos iban peor preparados a la prueba y al no poseer los conocimientos suficientes de la materia, el feedback no era adecuado para su avance.

En estudios similares al nuestro (20), encontraron que el 44,5% de los alumnos mejoraron sus puntuaciones iniciales frente al 25% que empeoró. Los autores defienden que estos datos son un indicador de que algunos alumnos habían tenido dificultades en la comprensión y la reflexión de las preguntas y del feedback, por lo que concluyen que la forma en la que se ofrece el feedback es crucial para su éxito. Según este trabajo el feedback debería ser estructurado en frases cortas, orientando al alumno al estudio y revisión de los conceptos deficientes.

Nuestros resultados por lo tanto tienden a demostrar el buen soporte de los feedback ofrecidos, ya que hemos hallado que entre un 90,36% y un 60,3% de alumnos mejoran su puntuación con la retroalimentación ofrecida, mientras que entre 0% y 9,1% de alumnos empeoran sus puntuaciones. Queremos resaltar que no solo el feedback influye en su mayor rendimiento, sino que entendemos que existen más factores que consideramos cruciales para un desenlace de éxito, como podrían ser:

- El interés y motivación del alumno, que el sistema podría potenciar al ser la retroalimentación un mecanismo eficaz de comunicación entre ambos,
-

fomentando la participación activa del alumno en su proceso de aprendizaje (143).

- La existencia de un mínimo de conocimientos previos que éste debe poseer antes de comenzar la prueba (144), que se fomentaría con el carácter individualizado de la retroalimentación ofrecida por el sistema, al aportar la información según las respuestas de cada alumno .

En cuanto a los porcentajes del incremento de las calificaciones medias entre el último y primer envío, destacó la primera prueba con un 30,3%, donde a pesar de los obstáculos iniciales, los alumnos alcanzaron el mayor progreso de las cuatro pruebas. Los porcentajes del incremento de las calificaciones medias del resto de pruebas (entre 15,7% y 18,6%) fueron reflejando los avances de los alumnos obtenidos a través de los feedback, lo que dio tranquilidad a los profesores respecto a su diseño.

Posiblemente nuestra preparación del feedback proporcionó un buen soporte al estudiante, por lo que los porcentajes del incremento de las calificaciones medias son significativamente mayores que las encontradas en experimentos previos. Es el caso del estudio realizado en alumnos de informática (20), donde se obtuvieron unos aumentos entre 0,30% y 5,00% y en un curso de lengua inglesa (23) donde el 66% de sus alumnos tuvo un 12,8%, más acorde con nuestros resultados. Aunque hay que tener en cuenta que las áreas de estudio son diferentes y por lo tanto los resultados hallados pueden estar influenciados por este hecho, como se observó en el estudio de Nathaniel (110) publicado en 2016. En este estudio se realizó un meta-análisis sobre los efectos del SRA en los resultados del aprendizaje cognitivo en distintas áreas de conocimiento, y se observó un comportamiento diferente según el área analizada.

No obstante, los porcentajes del incremento de las calificaciones medias entre el último y primer envío hallados en todas las pruebas apuntan a favor de que los feedback diagnósticos mejoran el aprendizaje del alumno, teniendo en cuenta que se puede descartar el azar como causa del aumento de las puntuaciones debido al elevado número de combinaciones posible de las preguntas de opción múltiple.

5.1.3.2. Comparación del número de respuestas correctas del primer y el último envío de las pruebas i-SIDRA

En todas las pruebas se obtuvieron mayores puntuaciones en el último envío con respecto al primero. Al analizar estos resultados con la prueba t de Student, se observaron diferencias estadísticamente significativas, lo que puso de manifiesto que el diseño de los feedback fue adecuado y que los feedback diagnósticos enviados de forma individual a cada alumno mediante el sistema de i-SIDRA consiguieron solucionar malentendidos o confusiones. por lo tanto aumentar el nivel de conocimientos del alumno en la materia, llevándonos a aceptar la H1.

Los hallazgos en nuestro estudio están en consonancia con otros trabajos (23) en los que se observó un aumento de un 7,4% en las puntuaciones de dos exámenes de nivel realizados antes y después del uso de un sistema SORIIR.

5.1.3.3. Correlación entre las medias de la diferencia entre las puntuaciones obtenidas en i-SIDRA y las calificaciones del examen final del grupo experimental

Para determinar si los rendimientos obtenidos por los alumnos al realizar las pruebas con i-SIDRA se tenían relación con el rendimiento del examen final, se calculó la correlación entre las medias de la diferencia de las puntuación entre el último y primer envío en las cuatro pruebas de i-SIDRA y las calificaciones del examen final, no hallándose una correlación estadísticamente significativa, por lo que podemos rechazar la hipótesis H2.

Creemos que esto puede deberse a que los alumnos que muestran mayores diferencias en la puntuación de la prueba parten de puntuaciones más bajas, y por lo tanto es difícil esperar que obtengan mayores calificaciones en el examen final. Además, los alumnos que obtienen menores diferencias en las puntuaciones incluyen a los alumnos con mayores conocimientos de base, de los que se esperaba mejores resultados en el examen final.

Por otro lado, al estudiar las correlaciones de las puntuaciones obtenidas en el último envío de i-SIDRA con la calificación del examen final, encontramos

una correlación baja estadísticamente significativa, lo que parece indicar débilmente que los alumnos que obtienen mejores puntuaciones en las pruebas de i-SIDRA, obtienen mayores calificaciones en el examen final, sin embargo debido a la baja correlación no podemos aceptar la H3.

Otros autores que también trabajaron con un sistema SORIIR (20) hallaron una correlación directa fuerte (0,61) entre las puntuaciones y las calificaciones del examen final de un experimento con los alumnos de postgrado del área de informática, mientras que en otro experimento con los alumnos de grado, esta correlación directa fue muy baja (0,05). Estos datos, junto con los que nosotros hemos obtenido, nos llevan a pensar que puede haber cierta correlación directa aunque no de forma constante, ya que ésta se puede ver afectada por una multitud de factores que pueden influir en el rendimiento académico del examen final. Destacamos algunos como la asistencia a clase (145), la cantidad y número de exámenes (146), la carga de trabajo de los estudiantes (142), la dificultad con las evaluaciones previas en el curso (147), la comprensión de los criterios de evaluación o la composición del examen (148).

No obstante, la retroalimentación orientada hacia los objetivos del aprendizaje, como en nuestro estudio, es más efectiva para el aprendizaje que aquella orientada hacia el rendimiento como meta (149). Una buena selección y aportación a nivel de la información ofrecida en los test y en los feedback por los instructores, podrían conseguir además un aumento en los rendimientos académicos del alumno.

5.1.4. Diagramas de los estados de conocimiento

El diagrama de los estados de conocimiento representa las transiciones que realizaron los estudiantes debido a las respuestas enviadas al sistema a lo largo de una prueba, con el fin de identificar el comportamiento del estudiante ante la información recibida del feedback diagnóstico.

Estos diagramas no se han generado automáticamente sino que se han elaborado manualmente y se han clasificado los estados de conocimiento en diferentes niveles inicial, intermedio y avanzado que representan el porcentaje

medio de respuestas correctas de todos los estados incluidos en un nivel determinado, como ya se hiciera en otros estudios (23). En la actualidad el sistema SIDRA está en desarrollo y en su última versión ofrece como novedad la posibilidad de generación automática de estos diagramas tanto de forma individual como general o colectiva pero sin niveles. Esta mejora posibilita que en el futuro sea mucho más fácil el seguimiento de cada alumno en particular, ya que realizar estos diagramas individuales de forma manual es una labor titánica.

Por otro lado, aunque los diagramas de estado de conocimiento se han introducido y explicado a modo de ejemplo en otros estudios anteriores (20-23), hasta el momento no hemos encontrado ninguna referencia bibliográfica que interprete detalladamente el funcionamiento de los diagramas de estado de conocimiento como presentamos en este estudio.

El análisis de los 4 diagramas de estado de conocimiento de las pruebas con i-SIDRA nos proporciona información fundamental sobre el comportamiento general de los alumnos tras enviar sus respuestas y el efecto del feedback sobre ellos, de modo que se podrían identificar aquellos feedback diagnósticos que presentan anomalías al no realizar su función correctamente.

En cuanto a la complejidad de los diagramas, la 1ª prueba (Figura 4.3) presentó una elevada complejidad en las transiciones, posiblemente debido a la divagación y desconcierto de los alumnos al enfrentarse al sistema i-SIDRA por primera vez (73) ocasionando un elevado número de envíos. No obstante, también se observó que el estado de conocimiento perfecto fue alcanzado a través de un elevado número de estados de conocimiento, reflejando también el buen soporte del feedback a través de dichos estados.

El resto de las pruebas con i-SIDRA mostraron diagramas de estado de conocimiento más simples en cuanto a las transiciones entre estados de conocimiento.

En cuanto a los niveles de estado intermedio en estas pruebas, los estados de conocimiento de estas capas, como en la 2ª y 4ª pruebas (Figuras 4.5 y 4.6), estaban ligados por transición con un estado de conocimiento

concreto que posiblemente generaba un conflicto a los alumnos para resolver los test. Estos estados "conflictivos" se presentaron en niveles avanzados relacionados con la resolución de los test y mostraban un elevado número de auto transiciones, lo que revelaba que el feedback no aclara adecuadamente las carencias de los estudiantes. No obstante, en estos estados de conocimiento avanzados los alumnos podrían no tener resueltas las preguntas de mayor complejidad, y por lo tanto menos sería más difícil resolver el test (20).

La 2ª prueba (Figura 4.4) presentó una capa de nivel intermedio con disminución de la calificación sobre la capa de primer nivel. Hay que tener en cuenta que la representación de la capa intermedia corresponde a los estados de conocimiento que ni reciben alumnos en el primer envío ni los derivan al estado de conocimiento perfecto y que una disminución en la puntuación media de esta capa con respecto de la primera, esto es, una disminución del número de respuestas correctas tras recibir el feedback del estado de donde se originó la transición, podría tener su origen tanto en una retroalimentación deficiente como en una falta de conocimientos anatómicos de base.

En la 4ª prueba (Figura 4.6) se observa también una capa intermedia, pero con un porcentaje de aciertos medio mayor que el de los niveles inferiores, estando además próximo al valor del nivel superior. En esta capa se muestra el estado de conocimiento 1 ligado claramente al estado de conocimiento 5 que puede presentar un problema en su feedback diagnóstico. En este caso, el estado 1 es un subestado de conocimiento reflejo del feedback generado en el estado de conocimiento 5. Esto significa que este estado está aislado, y solo surge a través del estado 5, y además solo es capaz de salir hacia el estado 5, probablemente por un feedback deficiente.

En cuanto a las vías de inicio, éstas suelen alcanzar todos los estados de conocimiento, excepto los estados de las capas intermedias, mostrando la gran diversidad de preparación y conocimientos que presentan los alumnos al comienzo de la prueba ante el mismo tema.

Hemos encontrado que parece existir un pequeño número de vías de inicio, entre 1 y 3, que muestran una mayor afluencia de envíos, apuntando

hacia un conocimiento similar o común entre los alumnos y que además suele coincidir con los estados de conocimiento situados en las capas de nivel avanzado. Estos estados permiten llegar al nivel de estado de conocimiento perfecto, por ejemplo, el estado 1 y 5 en la 2ª prueba (Figura 4.4), permitiendo vislumbrar un nivel de conocimiento del alumno inicial propicio para la resolución, ya que llega rápidamente a niveles próximos a la solución en el primer envío.

Las transiciones entre estados muestran en cierto modo la divagación del alumno en busca de la solución satisfactoria al cuestionario. Por ello, el hecho de que existan algunas transiciones que se repiten un mayor número de veces, muestra una vía de resolución elegida comúnmente por los alumnos. Por ejemplo en la 1ª prueba (Figura 4.3.) desde el estado 1 al 7 o en la 2ª prueba entre los estados 1 y 5. Además es destacable, que estos estados suelen estar en estados situados en niveles superiores, lo que muestra el cambio adecuado de respuestas que los mantiene cercanos a la solución. Nosotros hemos observado que no es tan común el retroceso grupal de los alumnos hacia niveles inferiores como se corrobora en estudios anteriores (23).

Por otro lado, existe también la posibilidad de encontrar estados de conocimiento que presenten transiciones de entrada pero no de salida. Este fenómeno no es muy frecuente, pero lo hemos hallado en el estado de conocimiento 4 de la 4ª Prueba (Figura 4.6). La primera impresión es que sería un estado que tiene deficiencias importantes al no favorecer el cambio de estado al alumno. Sin embargo, tras un estudio más detallado se encontró que este fenómeno inesperado era consecuencia de un mal uso del sistema por parte del alumno y no por una deficiencia de éste. En el primer caso correspondía a un alumno que comenzó la prueba y que solo realizó un envío aunque no resolvió el cuestionario, abandonando la prueba de forma prematura, y en el segundo caso, la transición de entrada correspondió a otro alumno que concluyó la prueba en este mismo estado y de forma también prematura, sin consumir todo el tiempo disponible de la prueba.

Esto nos llevó a pensar que el uso de esta herramienta a distancia sin supervisión, puede llevar a un uso inadecuado por parte de algún alumno,

como ya se sospecha en el apartado 5.1.1. Por tanto, se ha de ser cauteloso a la hora de interpretar ciertas acciones en los diagramas de estado de conocimiento ya que algunas maniobras inesperadas de los alumnos podrían llevarnos a error. Esto es debido a la imposibilidad de control de la realización de la prueba, por lo que no se conoce como se realiza la prueba e incluso la autoría del que la realiza como indican algunos autores (101).

En ocasiones hemos observado un estado bloqueante, es decir un estado con un elevado número de auto transiciones, en el que el alumno recibe una y otra vez el mismo feedback. En la mayoría de las ocasiones eso es debido a que los alumnos no han leído correctamente la información del feedback aportado o no han reflexionado lo suficiente para cambiar sus respuestas adecuadamente. Cuando esta situación se repite en un gran número de ocasiones, podemos pensar que el feedback proporcionado presenta alguna deficiencia que no le hace ser válido y no está ayudando correctamente al alumno.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que posiblemente el alumno no tenga tampoco los conocimientos necesarios para resolver el cuestionario. Esto suele suceder en los estados de conocimiento de capas superiores como se observa claramente en todos los estados del nivel 2 de la 1ª prueba y sobre todo en el estado 1 y 5 en la 2ª y el estado 5 de la 3ª prueba con más de 100 auto transiciones en todas ellas. Se observa el mismo comportamiento en la 4ª prueba con los estados 5 y 9 con 31-60 y 61-80 auto transiciones respectivamente. Como se indica en estudios anteriores (20) estos valores pueden ser el resultado de la ansiedad de los estudiantes que se materializa en forma de múltiples envíos en sucesión rápida en cuando tenían solamente una o dos respuestas incorrectas y que repetidamente recibieron el mismo feedback. También se apuntó a que las primeras cuestiones que se responden son las más sencillas para el alumno quedando por solucionar las de más complejidad y por lo tanto menos probables de resolver.

Debido a la enorme importancia de los feedback en este tipo de sistemas inteligentes que deben facilitar la evolución del aprendizaje en las pruebas, su elaboración debe ser cuidadosa, como ya hemos comentado

anteriormente, haciendo hincapié en la necesidad de realizar textos relativamente cortos y enfocados a los conceptos que el estudiante necesite revisar, incluso clasificados en categorías temáticas, como sugieren algunos trabajos (20).

Por ello los signos de feedback ineficientes deben ser identificados, tanto para ser corregidos si es necesario, como para detectar áreas o conceptos de complejidad para los alumnos, pudiendo así el profesor tomar medidas para favorecer el proceso de aprendizaje (86). Además el uso de una herramienta como SRA utilizada tras el sistema SORIIR, le ofrece la oportunidad de orientar y aclarar de forma inmediata (81) aquellos conceptos o temas de especial complejidad detectados anteriormente.

Además, recordamos que en el Grado de Medicina la prueba con i-SIDRA se realizaba a distancia y los alumnos mostraban cierta disconformidad con los feedback del sistema i-SIDRA al no proporcionarles las respuestas correctas de forma inmediata y tener que esperar varios días para conocer las soluciones, hasta realizar días después la segunda parte del ensayo con SRA con SIDRA, como ya se indicó en otro estudio (23).

Los feedback se analizaron globalmente cuando se obtuvieron los resultados de las pruebas de i-SIDRA, encontrando que los estados de conocimiento bloqueantes incluyen las preguntas con el menor número de respuestas correctas de todas las pruebas, lo que indica que estos estados apuntan a las deficiencias en el conocimiento de la materia además de poder mostrar deficiencias de los feedback creados.

Estas deficiencias las hemos encontrado en áreas de especial complejidad topográfica tales como el canal inguinal, las paredes de la cavidad axilar o la región glútea y los agujeros supra o infra-piriforme. A pesar del gran esfuerzo realizado durante las clases o en el grupo de discusión, los estudiantes perciben estas regiones como muy difíciles de aprender, debido al gran número de estructuras anatómicas involucradas y su complicada organización espacial.

También hemos encontrado errores en temas más conceptuales, tales como la composición de los nervios espinales y su función (tal vez debido al hecho de que tenían poco que ver con los temas anteriores de generalidades del Aparato Locomotor) o sobre las acciones de la músculos de la pierna en la articulación del tobillo, una de las articulaciones más complejas del cuerpo humano. Por otro lado, se pudo apreciar que los estudiantes pudieron resolver eficazmente aspectos más específicos con respecto al origen e inserción de los músculos, o a la morfología articular, aunque estas cuestiones a veces conllevan necesariamente la adquisición de conocimientos muy concretos y el uso con propiedad del lenguaje anatómico.

5.1.5. Análisis del SRA con SIDRA

Aunque no disponemos de estudios que analicen el uso conjunto de un sistema SORIIR como i-SIDRA más un SRA, el hecho de haber empleado un SRA no puede ser ignorado, ya que podría mostrar cierta influencia a nivel de los rendimientos académicos en el examen final. Debido a que no podemos separar el posible efecto provocado por el SRA de forma individual, para poder evaluarlo y medir su peso sobre el rendimiento académico de los alumnos, tenemos que asumir que posiblemente, pueda existir algún beneficio con el uso del SRA que no podemos cuantificar.

No podemos obviar que este sistema tiene una bibliografía extensa que avala su beneficio sobre los rendimientos académicos de los alumnos y el aprendizaje cognitivo (35, 84, 119, 127), aunque como ya vimos en el apartado 1.6 de la introducción, el estudio de su efecto ha sido controvertido y nada claro. De hecho los estudios más recientes que incluyen meta-análisis sobre los SRA (135, 136), no arrojan evidencias claras sobre su beneficio.

5.1.5.1. Comparación de las puntuaciones entre SRA con SIDRA e i-SIDRA

Se ha tratado de observar si el SRA con SIDRA aporta algún tipo de mejora al sistema i-SIDRA mediante las comparaciones de las puntuaciones obtenidas con ambos sistemas. Para ello, se ha efectuado una prueba t de Student para muestras pareadas para ver si hay diferencias entre las

puntuaciones del último envío de i-SIDRA y la puntuación en la prueba SRA con SIDRA. Se han encontrado diferencias estadísticamente significativas en los ensayos 2ª y 4ª junto a un aumento de las calificaciones tras realizar el SRA con SIDRA.

Este fenómeno no es continuo o estable por lo que no deja claro que exista aprendizaje cognitivo entre las pruebas con el sistema SORIIR con i-SIDRA más un SRA con SIDRA. En la literatura encontramos artículos que hacen referencia a hallazgos controvertidos dentro del mismo estudio (12, 125, 126), en los que se encuentran datos estadísticamente significativos en unas pruebas del estudio y en otras pruebas no. Sin embargo, con solo el análisis de las puntuaciones de las pruebas del SRA, no podemos concluir que no haya habido aprendizaje cognitivo de los alumnos, ya que las principales fortalezas que aporta el sistema se consiguen a través del feedback inmediato (72, 81), aprendizaje colaborativo (79, 150) o la discusión de los temas tratados (82) que no se pueden evaluar con este análisis, ya que se llevan a cabo tras responder el cuestionario.

Además, como los cuestionarios con i-SIDRA se realizan a distancia días antes de la prueba SRA con SIDRA, el alumno puede consultar y resolver sus dudas sobre las cuestiones planteadas en i-SIDRA, y esto influiría en las puntuaciones del SRA. De modo que se podría pensar que cualquier mejora en las puntuaciones se debería a la aportación propia del alumno, ya que los instructores no proporcionan información de ningún tipo entre las pruebas. Existen también estudios (72), que indican que el uso del SRA fomenta en los alumnos la asistencia a las clases y la preparación del material estudiado debido a que sus conocimientos van a ser evaluados, tendiendo de esta manera a mejorar los resultados.

En nuestro estudio, las pruebas 2ª y 4ª presentaron diferencias significativas, lo que manifestaba la existencia de una preparación previa de los estudiantes, al enfrentarse a pruebas del tipo SRA. Recordemos que la 4ª prueba se efectuó cuando los exámenes finales se encontraban próximos, por lo que el alumno pudo estar más motivado al estudio.

La 1ª y 3ª prueba no mostraron estas diferencias. El desconocimiento del sistema y el periodo de adaptación a la herramienta (73, 120) pudieron estar detrás de estos resultados en la 1ª prueba, mientras que la realización del SRA en periodo vacacional pudo ser la causa del desinterés en la preparación previa de la 3ª prueba.

Debido a no encontrar una relación clara en la aportación del SRA con SIDRA tras realizar el i-SIDRA, no podemos aceptar la hipótesis H4.

5.1.5.2. Correlación entre SRA con SIDRA y examen final

En cuanto a las correlaciones entre las puntuaciones obtenidas en el SRA con SIDRA y las calificaciones del examen final, se ha hallado solo una correlación directa muy fuerte (0,858) estadísticamente significativa en la 3ª prueba.

En la literatura se describen estudios que han realizado análisis de correlación entre la puntuación con SRA de los estudiantes y sus calificaciones del examen final (128). Estos autores encontraron correlaciones positivas (entre 0,37, y 0,53) para la asignatura de anatomía y de 0,63 para histología, todas ellas estadísticamente significativas, en el sentido de que los estudiantes con baja puntuación en los SRA tenían más probabilidades de tener un menor rendimiento en su examen final. También Mostyn et al.(119), en 2012 encontraron una correlación positiva fuerte (0,71) significativa en una asignatura de farmacología. No obstante, hay que indicar que ambos estudios fueron presenciales y controlados por el profesorado, a diferencia de nuestro trabajo.

Variables como el entorno de experimentación (los alumnos realizaron la 3ª prueba a distancia sin supervisión), la pequeña muestra y los hábitos de estudios pudieron afectar al resultado, aunque realmente no tenemos una visión clara de las causas de este fenómeno aislado. Por tanto, no podemos aceptar la hipótesis H5.

Sin embargo, y a pesar de estos hallazgos, tenemos que indicar que debido al rol que ejerce el uso SRA con SIDRA en nuestro experimento, que es fundamentalmente el de aportar la solución de los test, aclarar dudas y

promover la discusión en clase, consideramos muy oportuna la combinación de ambos sistemas.

5.1.6. Comparación de los grupos control y experimental

El posible efecto en el rendimiento académico originado por el uso del sistema i-SIDRA, se estudió a través de la comparación de las calificaciones de los alumnos del grupo experimental, que utilizaron el sistema i-SIDRA más un SRA con SIDRA, y los que no utilizaron ningún recurso tecnológico, siguiendo una enseñanza de modo tradicional.

Por un lado los indicadores de rendimiento de la asignatura, mostraron que el grupo experimental, obtuvo mayor tasa de rendimiento frente a los alumnos del grupo control que no realizaron i-SIDRA, lo que indicaría que el seguimiento a lo largo del curso de las pruebas con i-SIDRA favorecería la predisposición y motivación del alumno a la hora de realizar el examen final, lo que nos permitiría aceptar la H6.

El indicador de éxito, en el caso de los alumnos que utilizaron i-SIDRA, mostró un mayor porcentaje (74,6%) frente a los alumnos de enseñanza tradicional (54,5%), revelando una mejor preparación del alumno que utilizó i-SIDRA a lo largo del curso con respecto al grupo control en el que se empleó una metodología tradicional, con una probabilidad 2,3 veces mayor de aprobar.

El sistema i-SIDRA, permitió a los alumnos identificar áreas de debilidad de manera precoz durante el semestre. Esto nos lleva a creer que el estrés y la ansiedad pudieron reducirse durante el curso, lo que podría haber impactado en la presencia y los resultados del examen final. Esto es particularmente importante para los estudiantes de primer año que tienen un grado de estrés significativamente más altos que los estudiantes de años superiores (151).

Además, al comparar las calificaciones medias del examen final entre ambos grupos se puso de manifiesto la existencia de diferencias estadísticamente significativas que confirman que los estudiantes que usaron i-SIDRA obtuvieron mejores resultados en el examen final que los estudiantes del grupo de control. Este hecho nos permite aceptar la H7.

Esta situación favorable hacia los alumnos que han empleado i-SIDRA, frente los alumnos de enseñanza tradicional, puede atribuirse al hecho de que la evaluación formativa mejora el rendimiento académico o los resultados de los estudiantes en evaluaciones sumativas posteriores (152). Este resultado se ve apoyado por otros estudios con SORIIR, como el de Fernández Alemán et al., (20) donde se observó una mejoría estadísticamente significativa en los rendimientos académicos a favor de los alumnos del grupo experimental frente al control. En el trabajo de Gou et al., (23) también se encontró, aunque solo de modo observacional, que las calificaciones del grupo experimental (79,5%) fueron mayores que las del grupo control (71,3%).

En cuanto al sistema de SRA, existen trabajos como el de Doucet et al.(84) que muestran diferencias estadísticamente significativas ($p=0,03$) en los exámenes finales a favor del grupo experimental. Otros trabajos, por el contrario, no han hallado estas diferencias significativas en el examen final como Berry (12) o Barbour (121) con $P= 0,18$ o $p=0,44$ respectivamente.

Es destacable que los buenos resultados obtenidos en nuestro trabajo con el uso de i-SIDRA más SRA de SIDRA han mostrado un adecuado soporte sobre el de aprendizaje de los alumnos facilitando su labor. Además, los resultados positivos en todas las pruebas, a pesar de alguna deficiencia ocasional, han mostrado el éxito en el proceso de enseñanza y aprendizaje, con el uso de una adecuada retroalimentación. No obstante, hay que tener presente que toda la información aportada a los alumnos debe ser siempre adaptada y centrada al contexto del aprendizaje por un instructor experto, además de centrarse en el grupo de alumnos particular.

5.2. Discusión en el Grado de Farmacia

Como muestran nuestros resultados, los entornos de aprendizaje apoyados por la combinación de las fortalezas de i-SIDRA, aprendizaje basado en la instrucción y el feedback inteligente, y un SRA con SIDRA, pueden conducir a la mejoría del aprendizaje de los estudiantes y facilitar la adquisición de competencias en Farmacia.

5.2.1. Actividad del estudiante durante el desarrollo de las pruebas con i-SIDRA

El seguimiento y compromiso del estudiante en el Grado de Farmacia fue elevado, entre 75,4% y 89,5% y se mantuvo más o menos constante, debido en gran parte a la obligatoriedad de la asistencia a las horas de seminario en la que se desarrollaba, aunque su realización era voluntaria.

En cuanto a los alumnos que resolvieron correctamente el cuestionario propuesto en las pruebas, se observó que hay una tendencia variable a lo largo del curso. En la primera prueba se observan los mejores resultados, y más de la mitad de los alumnos resolvieron correctamente el test. Además, un 87% de ellos lo hicieron tras recibir los feedback diagnósticos, lo que refleja la influencia positiva de la retroalimentación diseñada. El interés y la estimulación en el inicio del curso, junto a la menor complejidad de los primeros temas son probablemente los principales factores que explican los buenos resultados obtenidos.

Lo mismo se observó en la 2ª y 4ª prueba, pero con un porcentaje menor de alumnos que resuelven el test (20% aproximadamente). Estos alumnos completan el test con éxito tras recibir los feedback diagnósticos (en un 90,9% y 100% respectivamente). Sí disminuye en cambio el número de alumnos que resuelve en el primer envío, mostrando a su vez la menor preparación inicial del alumno. La raíz de este hecho se podría encontrar en la complejidad cada vez mayor de la materia de los bloques, que requiere un mayor esfuerzo por parte del alumno en el estudio, junto con un agotamiento de estos por la carga de todas las asignaturas del grado.

Lo más destacado se halló en la tercera prueba, donde lo esperado podría haber sido una disminución moderada de los rendimientos debido a la complejidad del boque 3 (Anatomía músculo esquelética y vísceras de la cabeza y cuello), pero observamos que ningún alumno resolvió correctamente el test. En este caso creemos que la dificultad estaba en las de la materia objeto de la prueba (vísceras de cabeza y cuello), unido a la falta de preparación previa de la actividad por la interacción con un examen parcial de otra asignatura durante la semana de la prueba. Otros estudios también han constatado como la realización de exámenes de otras materias en las mismas fechas han repercutido negativamente en sus resultados (125), debido principalmente al escaso tiempo de preparación por parte del alumno.

Tenemos que destacar que sin tener una base de estudio mínimo previo por parte del alumno, no es posible realizar la prueba satisfactoriamente, ni siquiera con la información aportada por el feedback. El objetivo de éste es guiarles durante el cuestionario a modo de consejo o aclaración, pero nunca como solución directa. Además, la probabilidad de contestar al azar correctamente al cuestionario es muy baja: las posibles combinaciones en un test de 13 preguntas de opción múltiple con cinco respuestas posibles son de más de un billón.

Tenemos que comentar que para descartar la posibilidad de que el cuestionario o el feedback diseñado pudieran haber presentado alguna deficiencia, estos fueron revisados por los instructores en busca de alguna incidencia destacable, pero sin éxito.

5.2.2. Tiempos y envíos realizados por el alumno al sistema i-SIDRA

5.2.2.1. Tiempo total, tiempo medio empleado y número de envíos realizados

En la 1ª prueba se observó que los envíos totales y el número de envíos medio fueron prácticamente el doble que en pruebas posteriores, como también se encontró en otros estudios (20) en el que se redujeron un 28% los envíos medios por estudiante en una segunda prueba realizada, posiblemente debido a la adaptación del alumno al sistema.

En cuanto a los tiempos medios entre envíos fueron los menores, lo que nos indica poco tiempo de reflexión por parte de los alumnos sobre la información recibida de los feedback diagnósticos. Como ya hemos comentado en otras ocasiones, este hecho se puede deber al aprendizaje y acomodación del alumno a un sistema novedoso (73), o al desconocimiento de su correcto funcionamiento, ya que al no aportar soluciones de forma inmediata, esto les desconcierta, como se menciona en otros estudios (23).

Los feedback formativos requieren de la atenta lectura y reflexión por parte del alumno para hallar la solución. El hecho de que los estudiantes realicen envíos en sucesión rápida disminuye el tiempo necesario para la lectura, reflexión y cognición y pueden ser un signo de conjetura, mostrando claramente que no entendieron el propósito de la prueba, como también se indicó en otros trabajos (20).

En pruebas posteriores los alumnos fueron adaptándose a la herramienta de forma más eficiente (73, 120), al ir aumentando los tiempos medios entre envío y reduciendo la media de envíos, revelando un mejor entendimiento del objetivo de la prueba.

De hecho, en la 3ª prueba los alumnos realizaron el menor número de envíos totales de todas las pruebas, con la media de tiempo entre envíos más elevada, lo que revela un intento de reflexión y estudio profundo de los feedback diagnósticos recibidos. Sin embargo, al no estar suficientemente preparados (falta de estudio previo de la materia,) los alumnos intentan deducir las respuestas correctas solo con la lectura detallada de los feedback recibidos, y esta actitud resulta poco productiva.

Respecto al número máximo de envíos por estudiante, fue de 36 en la 1ª prueba, reduciéndose incluso a la mitad en sucesivas pruebas. Estos valores son menores a los hallados en otros trabajos, en donde se muestran hasta 102 envíos (20) en una prueba o hasta 106 envíos (23). Esto puede ser debido en parte a la limitación temporal de nuestras pruebas frente al tiempo ilimitado ofrecido en los otros estudios. Sin embargo, el alto número de envíos indica que los alumnos responden de forma errática en busca de la solución.

Por otro lado, el tiempo medio empleado por cada estudiante en la realización de la actividad fue más o menos similar en todas las pruebas, debido principalmente a que se realizó de forma presencial y controlada, y a que el seguimiento por parte de los alumnos fue bastante constante.

Sin embargo, en la 3ª prueba el menor tiempo empleado por estudiante, es un valor inesperado puesto que ningún alumno llegó al estado de conocimiento perfecto. Sospechamos que la gran dificultad que encontraron en esta prueba hizo que los alumnos dejaron de enviar respuestas antes de concluir el tiempo establecido en la prueba debida en parte a la frustración, como también se menciona en otros artículos (23).

La mayoría de los alumnos que realizaron esta prueba no consiguieron solucionar los test satisfactoriamente. A pesar de que la retroalimentación aportada por el sistema tiende a individualizar la información al estudiante mediante los feedback diagnósticos, existen otros factores que podrían influir sobre este resultados, como el grado de implicación del propio alumno en la asignatura, el hábito de estudio, sus intereses, su motivación e incluso su situación personal, por lo que la generalización de los resultados resulta complicada. No obstante, la retroalimentación efectiva debería ser motivadora para el mayor aprendizaje del alumno, estimulándolo y motivándolo hacia la participación activa en su proceso de aprendizaje (143).

En cuanto a los alumnos que alcanzaron el estado de conocimiento perfecto, encontramos que entre el 65% y 72,7% de ellos solucionaron los test antes de consumir el tiempo medio, lo que refleja un buen soporte y una adecuada comprensión de la información proporcionada por los feedback diagnósticos.

5.2.2.2. Correlación entre número de envíos con respecto a la puntuación final de la prueba y el tiempo empleado por estudiante con respecto a la puntuación final de la prueba en i-SIDRA

En cuanto a este estudio, encontramos una correlación inversa baja estadísticamente significativa para ambas variables con respecto a la

puntuación final obtenida en la 2ª prueba. Este resultado podría interpretarse cautelosamente, en el sentido de que los alumnos menos preparados realizan un mayor número de envíos, utilizando además más tiempo en busca de la solución al test, aunque no alcanzan el éxito, ya que tienden a tener un comportamiento errático en sus respuestas con resultados pobres.

Hay que tener en cuenta que en la 2ª prueba el 80% de alumnos no resolvieron el test y que la puntuación inicial fue baja lo que indicaría una preparación del estudiante algo deficiente. Obsérvese que el tiempo entre envíos fue el mayor de las cuatro pruebas mostrando una importante dedicación a la lectura de los feedback.

El mayor tiempo empleado en la prueba se podría interpretar como una falta de conocimientos de la materia. Sin embargo, esta falta de conocimientos podría ser mínima e influir en pocas cuestiones del test. Según se indican en otros estudios (20) al intentar resolver un test, se puede observar que las preguntas más sencillas son contestadas rápidamente al principio, pero que con el avance de la prueba las cuestiones más complejas pueden quedar sin resolver.

5.2.3. Efectividad del feedback

5.2.3.1. Número de respuestas correctas al test entre el primer y último envío de las pruebas i-SIDRA

Como se presentó en los resultados, un elevado porcentaje de alumnos consiguió mejorar el número de respuestas correctas tras recibir el feedback en las pruebas 1ª, 2ª y 4ª (92,5%, 76% y 76,1%). Este hecho proporcionó una cierta seguridad a los instructores de que los feedback estaban siendo eficaces, además de indicar una preparación de los alumnos previa a la prueba. Ya hemos mencionado en varias ocasiones que los feedback fueron diseñados con un carácter orientativo y no aportaban la solución directamente. Los textos no aportaban detalles en exceso para no confundir al alumno y hacer sencilla su interpretación (143), guiando a los estudiantes y permitiéndoles ajustar sus esfuerzos para conseguir la orientación esperada (153).

No ocurrió lo mismo en la 3ª prueba, donde la escasa preparación de los alumnos en este bloque se pone de manifiesto al observar cómo un 33% de los alumnos no varía su estado de conocimiento e incluso como un 15,6% las empeora. En estudios similares al nuestro (20), hallaron que el 44,5% de los alumnos mejoraron sus puntuaciones iniciales frente al 25% que empeoraron, mencionando que fue un indicador de dificultades en la comprensión y la reflexión de las preguntas y del feedback de algunos alumnos. Coincidiendo con estos mismos autores, creemos que la forma en la que se ofrece el feedback es crucial para su éxito, debiendo ser estructurado en frases cortas, y en el caso de nuestra asignatura, creemos que aumentar el porcentaje de iconografía anatómica e incluso videos en la preparación del feedback, podría ofrecer todavía mejores resultados.

De modo global, nuestros resultados tienden a demostrar el buen soporte de los feedback ofrecidos, ya que hemos hallado que desde un 51,1% a un 92,5% de alumnos mejoran su puntuación con la retroalimentación ofrecida, mientras que solo entre 2,5% y 15,6% de alumnos empeoran sus puntuaciones.

Esta tendencia favorable fue observada también a través del porcentaje del incremento de las calificaciones medias entre el último y el primer envío en las cuatro pruebas.

Destacamos además que las puntuaciones en el primer envío de la 1ª prueba fueron más elevadas con 7,56 que en el resto de la pruebas con 5,24, 6,07 y 5,21 respectivamente. Este mismo hecho se observó en la 1ª prueba del experimento en el Grado de Medicina. Una posible explicación, sería que la menor complejidad de la introducción al material en el bloque 1 y el entusiasmo al comienzo de las clases universitarias, unido a la eficacia de los feedback, favoreció que alcanzaran mejores resultados.

Tanto la 1ª y 4ª prueba obtuvieron los mayores porcentajes del incremento de las calificaciones medias entre el último y primer envío de las pruebas, lo que hacía sospechar que los estudiantes pueden haber estado más preparados, ya que la 1ª prueba tuvo lugar al principio del curso y la 4ª prueba cerca del periodo de examen final. El bloque 3 debido a las razones que

comentamos en el apartado 5.2.1, respecto a la actividad de los estudiantes en i-SIDRA, presentó menores rendimientos. Además la coincidencia con exámenes de otras materias pudo mermar la preparación previa necesaria para el buen desarrollo de la prueba (125).

Una vez descartado el azar, los porcentaje del incremento de las calificaciones medias hallados en las cuatro pruebas apuntan a favor de que los feedback diagnósticos mejoran el aprendizaje del alumno y se corrobora con otros hallazgos, unos con un menor porcentaje entre 0,30% y 5,00% (20) y otros con 12,8% en el 66% de sus alumnos (23), más acorde con nuestros resultados. Estas diferencias podrían apuntar hacia una mejor o peor preparación de los feedback ofrecidos a los alumnos, sin olvidar que estos estudios son dispares y de distintas disciplinas o áreas del conocimiento, lo que podría influir en los resultados de los alumnos (110).

5.2.3.2. Comparación del número de respuestas correctas del primer y último envío de las pruebas i-SIDRA

En todas las pruebas realizadas, las puntuaciones obtenidas en el último envío fueron mejores que las obtenidas en el primer envío al igual que en otros estudios (23) donde se observó un aumento del 7,4% en las puntuaciones de dos exámenes de nivel sobre la materia que se realizaron antes y después del uso del sistema con feedback diagnóstico basado en redes neuronales.

Estos resultados apuntan hacia una posible mejora en el aprendizaje del alumno instruido básicamente por la información suministrada por los feedback diagnósticos de i-SIDRA, que además se realiza en el momento de la tarea. Este hecho favorece el aprendizaje mediante la reflexión cuando el problema está activo en la memoria (154) y además al ser individualizado, la información adquiere más sentido para el estudiante y por lo tanto hace que sea más receptivo (144) lo que podría potenciar el éxito del feedback ofrecido.

Además los resultados del análisis de la prueba t de Student sobre las diferencias entre el número de respuestas correctas entre el último y el primer envío, presentó diferencias estadísticamente significativas en las cuatro pruebas. Por tanto podemos afirmar que la retroalimentación escrita por los

profesores y recibida por los estudiantes a través de sistema i-SIDRA, faculta a los alumnos para aprender nuevos conceptos y aclarar malentendidos. Por lo tanto, el nivel de conocimiento de los estudiantes aumentó, permitiendo así aceptar la hipótesis H1.

5.2.3.3. Correlación entre la media de las diferencias de la puntuación entre el último y el primer envío de las cuatro pruebas de i-SIDRA y las calificaciones del examen final del grupo experimental

Por otro lado, para determinar si los alumnos que mejoran sus rendimientos durante el uso de i-SIDRA frente a los que no mejoran, obtienen mejores calificaciones en el examen final, se compararon la media de las diferencias de la puntuación entre el último y el primer envío en las cuatro pruebas en i-SIDRA con respecto a las calificaciones obtenidas en el examen final. Se encontró una correlación negativa muy baja estadísticamente significativa, lo que nos llevaría a rechazar la hipótesis H2.

Este hecho podría ser interpretado del siguiente modo: los alumnos que incrementan más su puntuación durante la realización de las pruebas con i-SIDRA, parten de una menor puntuación inicial en la prueba, siendo difícil suponer que aumenten sus rendimientos en el examen final.

5.2.3.4. Correlación entre la puntuación obtenida en el último envío de i-SIDRA con las calificaciones del examen final del grupo experimental

Se observó una correlación moderada estadísticamente significativa de 0,585, entre las puntuaciones medias obtenidas en el último envío de i-SIDRA con la calificación del examen final. Esto indicaría que los alumnos que obtienen mejores puntuaciones en las pruebas i-SIDRA, logran mayores calificaciones en el examen final permitiéndonos aceptar la H3.

A pesar de los buenos resultados obtenidos, se ha de ser prudente con este tipo de variables ya que el rendimiento académico en el examen final se puede ver afectado por una multitud de factores, como la asistencia a clase (145), la cantidad y número de exámenes (146), la carga de trabajo de los

estudiantes (142), la dificultad con las evaluaciones previas en el curso (147), la comprensión de los criterios de evaluación y la composición del examen (148).

No obstante, como se ha comentado anteriormente la retroalimentación orientada al rendimiento académico como principal objetivo es menos efectiva que la orientada hacia el aprendizaje (149), por lo que una buena selección y aportación de la información ofrecida en los test y en los feedback por los instructores es fundamental para conseguir además aumentar los rendimientos académicos del alumno.

5.2.4. Diagramas de los estado de conocimiento del grupo experimental de las pruebas i-SIDRA

El análisis de los 4 diagramas de estado de conocimiento de las pruebas realizadas con i-SIDRA nos proporciona información sobre el comportamiento como grupo de todos los alumnos tras enviar sus respuestas y el efecto del feedback sobre ellos.

La 1ª prueba mostró una complejidad elevada en cuanto a sus transiciones de estado de conocimiento, coincidiendo con el gran número de envíos en la prueba. Creemos que esto se debió al carácter errático de las contestaciones de los alumnos al encontrarse desconcertados ante la novedad de la prueba, y a que el sistema no proporcionara respuestas inmediatas, como también ocurrió en el experimento del Grado de Medicina. Además fue la única prueba que presentó una capa de nivel intermedio en la que los estados incluidos en ella tuvieron diferentes funciones (Figura 4.9):

- El estado de conocimiento 12 (del nivel intermedio) fue un subestado de conocimiento reflejo del feedback generado en el estado de conocimiento 11. Esto significa que este estado está aislado, solo surge a través del estado 11, que además solo es capaz de salir hacia el estado 11, por un feedback deficiente.
 - El estado de conocimiento 13, que se utilizó como estado intermedio para avanzar de la capa inicial a la capa de nivel avanzado (del estado 9 al 11).
-

- El estado 7, que sirvió para el avance de los alumnos por las diferentes capas, pero además fue estado de salida de los estados de conocimiento 2 y 8 que presentaban claros signos de estado bloqueante.

Las demás pruebas fueron más concretas en cuanto a transiciones, pero se presentó un diagrama anómalo en la 3ª prueba al no alcanzarse el estado de conocimiento perfecto en ningún envío.

Las vías de inicio alcanzaron prácticamente todos los estados de conocimiento en todas las pruebas, (excepto los de la capa de estados intermedios), mostrando la gran diversidad de conocimiento que presentan los alumnos al comienzo de la prueba ante el mismo tema. Algunas de estas vías destacan por presentar más cantidad de transiciones, indicando un conocimiento similar o común entre los alumnos. Además estas vías suelen alcanzar el nivel avanzado, como en la prueba 2 y 4 (Figuras 4.10 y 4.12). Esto demuestra un nivel de conocimiento inicial propicio, al observar que los alumnos llegan fácilmente a niveles próximos a la solución en su primer envío.

En las pruebas se observó que casi todos los estados de conocimiento sufrían cierto grado de auto transición, pero este hecho se podría considerar no relevante, si el número de auto transiciones fuera bajo. Sin embargo, se vio que en la capa de nivel avanzado algunos de estos estados presentaban un elevado número de auto transiciones, como los estados 2, 8 y 11 de la primera prueba o los estados 7 y 4 de las pruebas 2ª y 4ª respectivamente, que además tuvieron más de 100 auto transiciones cada una (Figuras 4.9, 4.11 y 4.12). Un elevado número de auto transiciones podría significar un feedback poco eficiente, si bien en este caso, en el que las encontramos en un nivel avanzado, la explicación además puede tener su origen en otros factores como la ansiedad de los estudiantes que con pocas respuestas incorrectas y buscando la solución realizarían múltiples envíos que le llevan a recibir una y otra vez el mismo feedback.

Además, se debe tener en cuenta que las primeras preguntas que se responden son las más sencillas para el alumno quedando por solucionar las de más complejidad y por lo tanto menos probables de resolver. Este factor

puede también generar un elevado número de auto transiciones, como se comenta en otros estudios (20).

Hay que destacar que debido a que los feedback en los sistemas de SRA inteligentes como i-SIDRA deben facilitar la evolución del aprendizaje en las pruebas (20), su elaboración debe ser cuidadosa. Por ello los signos de feedback ineficientes deben ser identificados y tomados como una señal para la localización temas conflictivos. No obstante, en nuestro caso, debido al uso conjunto de esta herramienta con un SRA, la información de las deficiencias en el conocimiento de los alumnos puede ser revelada de forma inmediata ofreciendo la oportunidad de orientar y aclarar al momento aquellos conceptos o temas de especial complejidad (72, 81).

A diferencia de lo que hemos comentado en el experimento del Grado de Medicina, estas deficiencias son de carácter más general, debido a las características propias de una asignatura de Anatomía general, en la que existe un temario que abarca toda la Anatomía del cuerpo humano en una sola asignatura. Esto supone que se explique con menor profundidad todos los aparatos y sistemas y que los alumnos puedan tener más dificultad a la hora de estudiar la asignatura.

Por otro lado, dado el amplio temario que se recorre en la asignatura y el escaso número de preguntas de cada prueba, es complicado realizar preguntas muy concretas y encontrar áreas de especial complejidad para los alumnos, ya que se observa mucha variabilidad en las respuestas. Sin embargo, se ha observado que los alumnos encuentran problemas en el estudio de órganos como el corazón, el Sistema Nervioso Central, vísceras de cabeza y cuello o estructuras como las fosas craneales, que debido a su riqueza en detalles anatómicos, tradicionalmente suelen presentar dificultades para su aprendizaje.

5.2.5. Análisis del SRA con SIDRA

No disponemos de estudios que analicen el uso conjunto de un sistema como i-SIDRA más un SRA. Aunque nuestro trabajo se ha centrado principalmente en analizar cómo se comporta el sistema i-SIDRA y cuál es el efecto su uso sobre aprendizaje cognitivo de los alumnos del Grado de

Farmacia, no se puede ignorar el hecho de haber empleado un SRA para aportar las soluciones requeridas por los alumnos.

Esto podría tener cierta influencia a nivel de los rendimientos académicos como se ha indicado en varios estudios (35, 112, 129, 131, 155, 156), aunque este posible efecto parece ser un tema controvertido. De hecho, los estudios más recientes de meta-análisis sobre los SRA en Ciencias de la Salud (110, 135), no arrojan evidencias claras de su impacto en el aprendizaje cognitivo de los alumnos.

5.2.5.1. Comparación de las puntuaciones entre SRA con SIDRA e i-SIDRA

Se ha estudiado si el uso de un SRA con SIDRA aporta algún tipo de mejoría en el nivel cognitivo del estudiante tras realizar las pruebas con i-SIDRA. La prueba t de Student para muestras pareadas con respecto a las variables puntuación del último envío de la prueba i-SIDRA y la puntuación de la prueba SRA con SIDRA, reveló que no existen diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los ensayos realizados, lo que nos permite rechazar la hipótesis H4.

Varios estudios sobre el SRA (118, 122-125) indican que no han observado aportación de este sistema sobre el aprendizaje cognitivo de los alumnos. Sin embargo con solo el análisis de las puntuaciones de las pruebas no podemos excluir que no haya habido un valor añadido al realizar la prueba con el SRA, ya que las principales fortalezas de este sistema se consiguen mediante el feedback inmediato (72, 81), aprendizaje colaborativo (35, 41), discusión de los temas tratados, entre otros, que se llevan a cabo tras responder al cuestionario (79, 150).

De todos modos, en el caso del Grado de Farmacia al realizarse la prueba SRA inmediatamente a continuación de i-SIDRA, la similitud entre las puntuaciones de ambos sistemas podía ser esperable, ya que los alumnos no reciben ningún tipo de información entre ambas pruebas. Solamente destacamos que el aprendizaje con el SRA se realiza de forma colectiva (los alumnos compartían opiniones durante la contestación de las preguntas en los

seminarios) y no de forma autónoma como al usar i-SIDRA, por lo que se podría producir alguna variación debida a un pequeño fenómeno colaborativo a la hora de realizar las respuestas al test en clase.

5.2.5.2. Correlación entre SRA con SIDRA y examen final

En cuanto a las correlaciones entre las puntuaciones obtenidas en el SRA con SIDRA y las calificaciones del examen final se han hallado, excepto en la 1ª prueba, correlación directa moderada (0,476) estadísticamente significativa en la prueba 2 y correlaciones directas bajas (0,315), para la 3ª y 4ª prueba. Debido a que tres de las cuatro pruebas presentaron correlaciones estadísticamente significativas, aceptamos la hipótesis H5.

Tenemos que destacar que este experimento en el Grado de Farmacia, y a diferencia del experimento del Grado de Medicina, se realizó de forma presencial y controlada por el profesorado, al igual que los trabajos de Alexander et al. (128), en los que encontraron correlaciones positivas estadísticamente significativas (entre 0,37 y 0,53) en una asignatura de anatomía y de histología (0,63) del Grado de Medicina. Los autores llegaron incluso a construir modelos predictivos univariados para cada relación utilizando el SRA como un predictor de la puntuación del examen final, y encontraron que los estudiantes con baja puntuación en ARS tenían más probabilidades de tener un menor rendimiento en su examen final. También Mostyn et al. (119), halló una correlación positiva fuerte (0,71) significativa en una asignatura de farmacología. De este modo, el seguimiento de los alumnos a lo largo del curso, podría indicarnos cuál sería su calificación en el examen final, y los alumnos con dificultades podrían ser identificados y recibir por tanto la ayuda necesaria para alcanzar un mejor rendimiento académico.

Por último hay que indicar que debido al rol que ejerce el uso SRA con SIDRA en nuestro experimento, que es fundamentalmente el de aportar la solución de los test y aclarar dudas, nos ratificamos en las ventajas del uso combinado de ambos sistemas.

5.2.6. Comparación de los grupos control y experimental

El efecto producido por el uso del sistema i-SIDRA en los alumnos, fue estudiado a través de la comparación en los rendimientos académicos de los alumnos que utilizaron el sistema i-SIDRA más un SRA con SIDRA, y los que no utilizaron ningún recurso tecnológico, siguiendo una enseñanza de modo tradicional.

En cuanto a los indicadores de rendimiento de la asignatura, se observa que el grupo que utilizó el sistema i-SIDRA, obtuvo mejor tasa de rendimiento frente a los alumnos del grupo control que no realizaron i-SIDRA, lo que indicaría que el seguimiento a lo largo del curso de las pruebas con i-SIDRA favorecería la predisposición y motivación del alumno a la hora de realizar el examen final, lo que nos permite aceptar la H6.

El indicador de éxito también reveló una mejoría a favor del grupo experimental, obteniendo una tasa de éxito de 90,91% en el caso de los alumnos que utilizaron i-SIDRA, frente al 57,78% de los alumnos de enseñanza tradicional. Este resultado respalda la idea de una mejor preparación de los alumnos pertenecientes al grupo que empleó i-SIDRA a lo largo del curso, mostrando una probabilidad 6,4 veces mayor de aprobar que los alumnos que emplearon una metodología tradicional.

Estamos convencidos de que el uso de i-SIDRA en el aula fue bien recibido y de aplicación efectiva en cuanto al desarrollo del aprendizaje activo y pensamiento crítico en los estudiantes del Grado de Farmacia. Los alumnos pudieron reflexionar sobre su propio aprendizaje en cada bloque, a través de un feedback formativo, permitiéndoles identificar áreas de dificultad de manera precoz durante el semestre. De este modo, el estrés y la ansiedad pudieron reducirse durante el curso, lo que podría haber favorecido tanto la presentación al examen como los resultados del examen final. Esto es particularmente importante para los estudiantes de Farmacia de primer año que tienen un grado de estrés significativamente más altos que los estudiantes de años superiores, como se muestra en un encuesta de 1332 estudiantes de Farmacia en los EEUU (151) .

En cuanto al análisis de las calificaciones medias obtenidas en el examen final de ambos grupos reveló una diferencia estadísticamente significativa revelando que los estudiantes que usaron i-SIDRA obtuvieron mayores calificaciones en el examen final que los estudiantes del grupo de control, incluso con una diferencia de 2 puntos. Este hecho avalaría la mejor preparación de los alumnos que utilizan el sistema y por lo tanto nos permite aceptar la H7.

Como apuntan otros trabajos, la evaluación formativa mejora el rendimiento académico o los resultados de los estudiantes en evaluaciones sumativas posteriores (152). Nuestros resultados en este experimento también lo corroboran, demostrado una mejoría en los rendimiento académicos a favor de los alumnos que han empleado el sistema i-SIDRA más un SRA frente los alumnos de enseñanza tradicional (28, 35, 84, 127).

Estos resultados han sido observados en otros estudios con un sistema de enseñanza similar a i-SIDRA (20), en los que se obtuvo una mejoría estadísticamente significativa a favor del grupo experimental en dos experimentos. También se mostró, de modo solo observacional, en otro estudio (23), que las calificaciones del grupo experimental (79,5%) fueron mayores que las del grupo control (71,3%). En cuanto al sistema de SRA, encontramos trabajos en la literatura que muestran diferencias estadísticamente significativas en los exámenes finales a favor del grupo experimental (84, 127). No obstante, el hecho contrario también se manifestó en otros estudios (12, 121, 125), lo que genera cierta controversia sobre el beneficio real del uso del SRA.

En nuestro estudio, los buenos resultados obtenidos con la combinación de dos recursos de enseñanza como i-SIDRA y SIDRA revelan que se facilitó la labor de aprendizaje de los alumnos. Además, en nuestro estudio, el diseño de la retroalimentación y la formulación de la preguntas determinaron en gran parte el éxito en el proceso de enseñanza y aprendizaje, mostrando resultados positivos en todas las pruebas, a pesar de alguna deficiencia ocasional. Sin embargo, hay que hacer hincapié en que se debe considerar que toda la información aportada a los alumnos debe ser adaptada y centrada al contexto

del aprendizaje por un instructor experto, además de centrarse en el grupo de alumnos particular.

Hay que tener en cuenta que el uso de los medios didácticos no tiene ningún efecto si no se acompañan de un método educativo apropiado (157). Los sistemas tipo SRA favorecen diferentes estrategias de aprendizaje, como discusión en clase, mejor preparación de los estudiantes antes de la clase, o un mejor mantenimiento de la atención (73) y en función de cómo ese sistema sea preparado y utilizado, se determina su eficacia.

5.3. Discusión general

5.3.1. Encuesta de satisfacción

La encuesta de satisfacción ofrece la valoración de las percepciones de los alumnos sobre i-SIDRA más un SRA con SIDRA, ya que se han desarrollado conjuntamente.

Las impresiones de los alumnos del Grado de Medicina y del Grado de Farmacia sobre la experiencia con i-SIDRA han sido llamativamente similares, siendo los alumnos del Grado de Medicina algo más críticos en las valoraciones, pero ambos siguen la misma tónica.

Los resultados de nuestra encuesta de satisfacción han sido muy positivos en la mayoría de los ítems, al igual que en otros trabajos similares al nuestro (20, 23). Cabe destacar la valoración positiva en el uso de la herramienta y a la utilidad para mejorar conocimientos. Lo mismo ocurre con las percepciones positivas sobre los SRA, como también se recoge en multitud de artículos (12, 41, 84, 112-119).

Nosotros hemos observado asimismo que los alumnos disfrutaban en clase durante el desarrollo de los SRA con SIDRA, ya que se ponen a prueba sus conocimientos en un entorno "amable" y que les permite participar activamente, debatir y trabajar de forma colaborativa. Cada estudiante es consciente de su nivel de conocimientos con respecto al de sus compañeros. Además, no olvidemos que consiguen las respuestas de forma inmediata con las aclaraciones oportunas del profesor.

Otra de las razones que pueden explicar la valoración positiva del recurso empleado, es que a los alumnos les agrada salir de la rutina de la enseñanza tradicional de clases magistrales, en los que su función es pasiva. La mayoría de los estudiantes encuestados se pueden clasificar como pertenecientes a la "generación Y" o "millennials" (158), por lo que la integración de las TIC junto con la tecnología móvil al usar i-SIDRA y los SRA, están acordes con algunas de las preferencias educativas de este tipo de estudiantes. Este fenómeno explicaría también la elevada valoración hacia los

profesores que incluyen nuevas tecnologías en los procesos de aprendizaje en los que ellos participan.

Los estudiantes ven positivamente la incorporación y uso de i-SIDRA más un SRA en la actividad de la asignatura, resultándoles útil en la aclaración y comprensión de conceptos (20, 23, 35, 72). En lo que respecta a la mejoría de su aprendizaje se encontraron varios estudios con percepciones similares a las nuestras (33, 35, 159).

Además los alumnos perciben que el sistema les resultó útil durante el curso e incluso que puede beneficiarles en las calificaciones de los exámenes finales como posteriormente se confirma en nuestro estudio. A la vez, los alumnos percibieron al sistema como una buena herramienta de autoevaluación, como también corroboran otros estudios en los que se constata que sistemas del tipo SRA son útiles para identificar las necesidades de aprendizaje, guiar el estudio independiente de los alumnos y como herramienta de revisión (119).

Sin embargo, el ítem peor valorado se refería a los feedback diagnósticos aportados por el sistema i-SIDRA. Este resultado era en parte esperado, ya que mostraban cierta disconformidad con el sistema i-SIDRA durante el desarrollo de los ensayos, al no proporcionarles las respuestas correctas de forma inmediata, como ya se advirtió en otros estudios (23). A pesar de ello, los estudiantes expresaron su conformidad con la posibilidad de que el recurso i-SIDRA más un SRA de SIDRA se utilizara en otras asignaturas y por tanto repetir la experiencia como se ha recogido anteriormente en SORIIR (20, 23) y SRA (114, 156, 160).

Creemos que la experiencia de los instructores en el abordaje de este recurso tuvo un efecto positivo sobre la satisfacción percibida por los estudiantes, aunque tal y como se indica en la literatura (155), los beneficios no dependen simplemente de la tecnología, sino de lo bien que se utilice para promover la reflexión en los alumnos. Incluso se ha recomendado en otros estudios (161) que los instructores debatieran el papel de las nuevas tecnologías con los estudiantes con el objetivo de reclutarlos como "colaboradores en su

propia educación" y así sentirse integrados en la participación de su propio aprendizaje.

Por tanto en nuestro estudio, los estudiantes estuvieron satisfechos y su percepción general hacia el i-SIDRA y SIDRA fue muy positiva, lo que apoyaría la H8.

5.3.2. Diferencias y similitudes en el uso de i-SIDRA más un SRA con SIDRA: módulo a distancia en el Grado de Medicina y módulo presencial en el Grado de Farmacia

El uso de i-SIDRA ha sido relativamente sencillo y no ha generado grandes problemas a los instructores ni a los alumnos en ninguna de las modalidades, por lo que el trabajo de campo del estudio ha sido bastante fluido.

También, se ha observado que los dos experimentos han mostrado un gran número de similitudes y algunas diferencias, en menor medida, al usar el sistema de forma presencial o a distancia.

5.3.2.1. Similitudes en ambos experimentos

Lo más llamativo de ambos grados fue la disconformidad que manifestaron los alumnos con el hecho de que los feedback no ofrecieran las soluciones de forma directa, como se refleja en la encuesta. Este hecho tal vez es debido a que están acostumbrados a que la respuesta a sus dudas sea inmediata y no una reflexión que les permita descubrir y alcanzar el conocimiento por sí mismos. No obstante, a lo largo del estudio se vio como se adaptaban al modo en el que se les ofrecía la información e incluso entendían que la herramienta les podría ayudar a mejorar su aprendizaje y conocimientos, e incluso a incrementar sus calificaciones finales.

Otro aspecto llamativo es que a pesar de que los grupos son de diferentes especialidades de Ciencias de la Salud, la actividad de los estudiantes en las cuatro pruebas i-SIDRA mostró una gran similitud.

En la 1ª prueba los alumnos encuentran algunas dificultades en el primer contacto con la herramienta, como se comprueba al ver su actuación errática en las respuestas (mostrada en los diagramas de los estados de conocimiento).

Esta prueba se caracterizó por un elevadísimo número de envíos y por el empleo de una gran cantidad de tiempo para la resolución, explicado en parte por el desconcierto al no recibir la respuesta de forma directa y a su interés en superar la prueba. No obstante, a pesar de las dificultades encontradas en esta 1ª prueba, los alumnos de ambos grupos muestran una elevada preparación antes de la prueba y unos porcentajes del incremento de las calificaciones medias muy buenos, lo que hace suponer que iban mejor preparados y a través del sistema reducen sus malentendidos y alcanzan mejores calificaciones. También se aprecia como inmediatamente después, en la 2ª prueba, los alumnos ya se han adaptado al sistema disminuyendo drásticamente los envíos, indicando un uso más eficiente de la herramienta.

Además, se percibió claramente como en la 1ª y 4ª prueba obtenían los mejores resultados gracias a la mejor preparación de los alumnos al comienzo de la prueba y como en la 2ª se obtenían buenos resultados pero algo menores. En la 3ª prueba la situación caía en todos los aspectos estudiados. Este comportamiento lo podríamos atribuir por un lado al desgaste y agotamiento por la elevada carga de las asignaturas que se les imparte en un mismo curso y a una cierta desgana del alumno a lo largo del curso. No obstante, en la última prueba remontan prácticamente todos los valores analizados en el estudio, probablemente motivados por la cercanía de la época de exámenes de anatomía y la urgencia de estudiar estas materias para su preparación.

Es destacable que los alumnos del Grado de Medicina parecen tener bastante mejor resultado en la 4ª prueba que los estudiantes del Grado de Farmacia, pudiendo estar el origen de este hecho en que en el Grado de Medicina la materia de anatomía es una asignatura básica de relevante importancia para el desarrollo de la actividad médica y los alumnos entienden la necesidad de una buena base en esta materia.

En cuanto a la efectividad del feedback, se observa de forma general como el comportamiento en las cuatro pruebas también ha sido muy similar en ambos experimentos. Esto hace pensar que los bajos resultados obtenidos en la pruebas centrales y sobre todo en la 3ª, tal vez no sean debidas a las

posibles deficiencias de los feedback aportados, puesto que en ambos casos son diferentes, sino más bien a factores externos a la herramienta que lastran su correcto funcionamiento porque reducen el tiempo disponible para la preparación de las pruebas. Estamos hablando de factores como el elevado número de asignaturas por semestre, que requieren de un elevado esfuerzo para llevarlas al día, además de la elaboración y presentación de trabajos, o la preparación de exámenes o pruebas a lo largo del curso, entre otros.

Además, los resultados obtenidos en las hipótesis planteadas han sido bastante coincidentes.

En ambos experimentos han sido claramente aceptadas, a favor de los alumnos que utilizan i-SIDRA más un SRA con SIDRA, la H1 sobre la eficacia de la retroalimentación y el aumento del aprendizaje del alumno, la H6 sobre el mayor índice de rendimiento de los alumnos, la H7 sobre el aumento de las calificaciones del examen final y la H8 sobre la alta satisfacción del estudiante con la experiencia de esta herramienta.

Aunque también han sido rechazadas en ambos casos la H2, en la que no se observó mejores rendimientos académicos en los alumnos que más aumentan su puntuación durante el uso de i-SIDRA y la H4 donde no se observaron diferencias estadísticamente significativas en las puntuaciones de i-SIDRA más un SRA con SIDRA.

5.3.2.2. Diferencias entre ambos experimentos

Lo primero que llama la atención es el abandono progresivo de los alumnos del Grado de Medicina a lo largo del desarrollo de las pruebas. Hay que recordar que en el Grado de Medicina los experimentos con i-SIDRA se hicieron a distancia, y eso pudo facilitar el abandono paulatino de la herramienta, llegando incluso a realizar entradas en el sistema únicamente para hacerse eco de las cuestiones planteadas por el profesor y no realizar ninguna actividad. Obviamente, los alumnos de la modalidad presencial del Grado de Farmacia realizaron las pruebas de forma supervisada y no se dio esta situación.

Tal vez este hecho explique ciertos puntos estudiados en el trabajo en el Grado de Medicina como:

- Los tiempos entre envíos se mantuvieron constantes a lo largo de todas las pruebas indistintamente de la dificultad intrínseca de cada bloque, mientras que en el caso de los alumnos del Grado de Farmacia donde las pruebas se realizaron con supervisión, la evolución de los tiempos entre envíos siguió una pauta esperada, al observarse mayores tiempos en bloques en los que los alumnos encontraban más dificultad.
- El potencial de aprendizaje con el uso de i-SIDRA a distancia pudo verse mermado debido al uso no adecuado de los feedback.
- El hecho de encontrar estados de conocimiento sin salidas como en el caso de la 4ª prueba donde en el estado de conocimiento 4 se incorpora un alumno que realiza un solo envío al sistema sin proseguir la prueba y otro alumno que finaliza su prueba sin consumir el tiempo ni solucionar el test. Esto podría llevar a error de interpretación durante el análisis de los diagramas o de las condiciones del feedback ofrecido.

En el caso de las hipótesis, las diferencias han sido escasas y a favor de los alumnos del Grado de Farmacia, como en la H3 donde se encontró una correlación moderada entre las puntuaciones con i-SIDRA y las calificaciones en el examen final, mientras que debido a la baja correlación hallada en el Grado de Medicina, esta hipótesis se tuvo que rechazar. Y en la H5 donde, en Farmacia, se hallaron varias correlaciones entre las puntuaciones del SRA y las calificaciones del examen final, mientras que en Medicina no se observó este hecho en la mayoría de las pruebas.

5.3.3. Meta-análisis de los experimentos en el Grado de Medicina y en el Grado de Farmacia

Puesto que los efectos de los dos experimentos (en el Grado de Medicina y en el Grado de Farmacia) se posicionan a la derecha de la línea de referencia, esto indica que la heterogeneidad es baja, y que los estudios no son contradictorios y se puede confiar en las conclusiones del meta-análisis.

La diferencia entre los grupos de intervención y control se puede considerar estadísticamente significativa, puesto que el diamante se posiciona claramente a un lado de la línea de referencia. Para cada experimento, los valores de la métrica de Hedges (139) son más altos que cero (0,405 para el experimento del Grado de Medicina y 1,385 para el experimento del Grado de Farmacia), lo que significa que los estudiantes que utilizaron i-SIDRA alcanzaron mayores calificaciones en el examen final. El efecto global encontrado es 0,710 ($p = 0.000$) que, de acuerdo a Kampenes et al., (162), se considera un efecto medio.

Por lo tanto, el análisis de la combinación de los resultados de ambos experimentos, mediante el meta-análisis, apunta hacia el mayor rendimiento académico de los estudiantes cuando se utiliza el sistema de i-SIDRA, que se ve incrementado frente a los alumnos que no lo emplearon reforzando los resultados obtenidos en este trabajo. Esto nos permite aceptar la H9.

5.3.4. Limitaciones

La preparación de las preguntas y la elaboración de un feedback atómico apropiado para cada posible respuesta incorrecta, orientada hacia la obtención de un feedback diagnóstico para cada uno de los grupos de estudiantes generado, fue una tarea que consumió gran cantidad de tiempo. Esta apreciación coincide con la expresada en otros trabajos (93, 97) ya que se ha tratado de asegurar que cada pregunta tenga una finalidad pedagógica explícita. Al escribir comentarios guía, los profesores se enfrentan a una tarea difícil puesto que el feedback no debe contener demasiados detalles, de manera que no confunda a los estudiantes. Además, todas las preguntas tenían que ser claras, con diferentes objetivos de aprendizaje con el fin de evitar redundancia en el feedback y asegurarse de que pueden interpretar fácilmente la información para obtener el resultado adecuado (143). Así pues, su creación es muy subjetiva, en la que la experiencia del profesor, tanto académica como en el uso del sistema, juega un papel importante en la elaboración de una retroalimentación eficaz.

Los instructores pueden suministrar el feedback atómico de i-SIDRA en formato texto, imagen o vídeo para cada respuesta incorrecta en cada pregunta

generando automáticamente el sistema i-SIDRA los feedback diagnósticos para cada grupo patrón. Sin embargo, si la retroalimentación atómica asociada a cada respuesta incorrecta es similar, la retroalimentación de un estado puede contener información redundante. Por ello, los instructores debían adaptar el feedback resultante con el fin de orientar mejor a los estudiantes hacia el concepto específico de anatomía.

Como con cualquier nueva tecnología emergente que se aplica por primera vez, la formación adecuada puede convertirse en un obstáculo. Según indicaron Caín et al. (127), todos los miembros de la facultad que utilizan una SRA deberían recibir una adecuada formación para su uso. La formación inicial y unas sesiones de seguimiento dirigidas a la identificación de problemas permiten que otros miembros de la facultad puedan aprovechar las experiencias de sus compañeros.

Además, otra preocupación era el posible mal funcionamiento del sistema i-SIDRA, presentando errores como respuestas no grabadas o preguntas registradas con diferentes opciones a la realmente seleccionada, entre otros. No obstante, la tecnología i-SIDRA funcionó correctamente y se adaptó adecuadamente tanto a los estudiantes como a los instructores.

Otra restricción importante para el éxito de i-SIDRA fue la limitación de tiempo que tienen los instructores durante las clases, aspecto que también tratan otros estudios (95, 163). Por ello, los tiempos de clase deben ser planificados para permitir las acciones necesarias que conllevan el uso de este recurso, como la realización de las pruebas, la presentación de los resultados y los debates necesarios sobre las respuestas realizadas. Esto puede dar lugar a que los profesores perciban que el uso de i-SIDRA reduce el tiempo de clase para avanzar en la materia tratada. Sin embargo, nuestra experiencia confirma que los instructores que participaron en el experimento seguirán usando i-SIDRA a la vista de los buenos resultados obtenidos en el estudio.

Una amenaza a la validación interna es la influencia de los factores de confusión. Es difícil evaluar si las diferencias en las puntuaciones o el aprendizaje del estudiante son un producto del uso del sistema de enseñanza utilizado o de las características de los estudiantes o de las clases, o de los

profesores responsables de cada grupo, o del tipo examen o es una combinación de otros factores. El efecto de la variable de confusión relacionada con la docencia de distintos profesores en los grupos control y experimental, se intentó mitigar con la elaboración del examen final con la colaboración de todos los profesores implicados en el estudio. De esta forma, la influencia del profesor sobre el rendimiento académico quedó atenuada. En el caso del Grado de Medicina, el examen final para medir el rendimiento académico fue idéntico y realizado al mismo tiempo para ambos grupos, control y experimental. En el Grado de Farmacia esta posibilidad no fue posible, puesto que los alumnos pertenecían a años académicos diferentes. Para evitar que pudiera influir el posible conocimiento del examen del año anterior y su probable preparación previa, se formularon preguntas diferentes con el mismo contenido y nivel de dificultad del año anterior.

Otras variables de confusión, como los conocimientos previos sobre la asignatura de anatomía, además de otras como la motivación del estudiante, se mitigaron durante el proceso de selección en el que se establecieron de modo aleatorio los grupos control y experimental. Además, no se identificó ningún sujeto con problemas graves de aprendizaje durante el desarrollo del experimento.

El número de estudiantes que participan en el experimento y la mayor tasa de abandono en el grupo de control con respecto al grupo experimental pueden ser amenazas a la validez interna. Por otra parte, la mayor participación observada y una mayor tasa de rendimiento del grupo experimental con respecto al grupo de control puede explicarse con el hecho de que los estudiantes del grupo experimental estaban más motivados para completar el curso, ya que la participación activa de los estudiantes en cuanto a uso de i-SIDRA y la evaluación formativa se incentivó (18, 164).

La validez de constructo de los resultados también se vería amenazada por el pequeño tamaño de los objetos experimentales (cuatro pruebas de 10 preguntas). Sin embargo, somos de la opinión de que las pruebas más extensas podrían sobrecargar a los estudiantes y producir un efecto de fatiga en ellos.

Para mitigar la amenaza a esta validez de constructo, una validación del contenido de los cuestionarios utilizados en el experimento fue supervisada por un profesor especialista en la materia. Asimismo, hemos evitado escribir cuestiones negativas o dobles negativas en las preguntas del estudio.

La consistencia interna, validez de criterio y fiabilidad no se cuantificaron en los cuestionarios utilizados en el experimento. Para reducir los problemas de consistencia, los mismos profesores diseñaron las cuatro pruebas. Además, fueron cautelosos al seguir el diseño experimental con el objetivo de reproducir las mismas condiciones en las cuatro pruebas de cada experimento.

5.3.5. Futuros estudios

La enorme cantidad de datos recogidos durante el uso de i-SIDRA ofrece una extensa gama de posibilidades para el análisis post hoc. Hay que destacar que el hecho de que las respuestas de los estudiantes obtenidas en cada experimento se puedan emplear de nuevo para reentrenar a la red neural, hace que la herramienta pueda llegar a un nuevo nivel mejorado y más preciso con la introducción de nueva información. Esto significa que pueden aparecer nuevos grupos o estados de conocimiento por un agrupamiento más refinado. No obstante, la retroalimentación de los nuevos grupos debería volver a ser revisada por los instructores.

La nueva opción de i-SIDRA de generación de diagramas del comportamiento, no solo globales, sino individuales de cada alumno, abre una puerta para reconocer las necesidades particulares de cada uno, e investigar sus deficiencias particulares. Esta herramienta permite analizar cómo el aprendizaje individual está influenciado por la retroalimentación, e incluso estudiar la forma de valorar el nivel de competencias adquirido por el alumno en cada bloque didáctico impartido al utilizar i-SIDRA. Además, ofrece al profesor una herramienta interesante, ante la masificación de las aulas, que podría facilitar parte de la tarea tutorial del profesor.

En cuanto a los diseñadores de i-SIDRA, tienen la intención de mejorar la herramienta e implementar más funciones, estando abiertos a las aportaciones que los instructores puedan suministrar durante su uso. También

se pretende introducir a la herramienta i-SIDRA en entornos de enseñanza alternativos como en los sistemas de gestión de cursos tipo Moodle o Sakai.

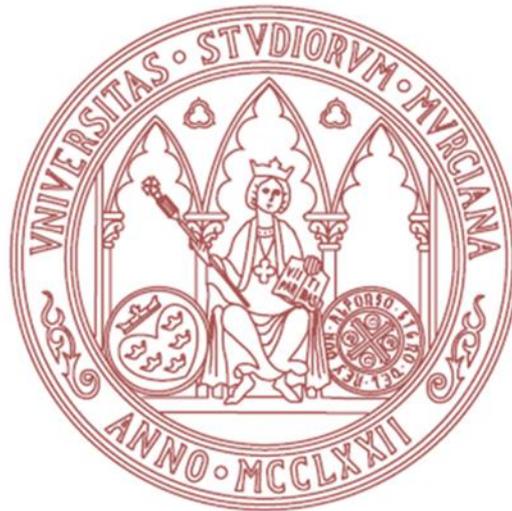
Por último, los datos obtenidos en el análisis del estudio, nos estimulan para seguir trabajando en otros aspectos que consideramos de gran importancia, como el estudio de la retención o aprendizaje a largo plazo del material ofrecido en los feedback al utilizar i-SIDRA frente a la una metodología de aprendizaje tradicional.

5.4. Recomendaciones

Después de recopilar y analizar toda la información de nuestro trabajo sobre la efectividad del sistema de i-SIDRA más un SRA con SIDRA respecto al aprendizaje cognitivo de los estudiantes universitarios de Ciencias de la Salud, nos gustaría indicar que desde nuestra experiencia, el uso de la herramienta ha sido muy satisfactorio. Creemos que este nuevo sistema proporciona una herramienta formativa ideal para el ámbito universitario donde las aulas suelen estar masificadas. El sistema proporciona al profesor una herramienta de control sobre la evolución del aprendizaje del alumno y la valoración de sus capacidades en cada periodo evaluado a lo largo del curso, por lo que se les podría dar un apoyo específico. Creemos asimismo, que este tipo de evaluación continuada favorecería el éxito y los rendimientos académicos del grupo de alumnos donde se empleara.

La herramienta permite la libertad de trabajo tanto en clase como a distancia dándole al sistema un carácter muy versátil. No obstante, hemos hallado algunas diferencias entre ambos modos, observando que en el uso a distancia puede haberse visto afectada la eficacia de la herramienta. Pese a ello, creemos que esta modalidad tiene un gran potencial y que se podrían mejorar sus resultados al incorporar el factor de obligatoriedad de la prueba y la valoración del esfuerzo del alumno.

De todos modos y en vista de los resultados obtenidos en el estudio, recomendamos rotundamente el uso de esta herramienta en el ámbito universitario y con el fin de obtener los mayores resultados de forma eficiente sugerimos que sea preferiblemente en modo presencial y controlado.



6. CONCLUSIONES

1. La actividad de los estudiantes en el sistema i-SIDRA y el número de envíos al sistema tiende a reducirse tras la primera prueba tanto en el Grado de Medicina como en el Grado de Farmacia, reflejando la necesidad de un periodo de adaptación al sistema.
 2. El tiempo total de cada prueba, y los tiempos medios entre envíos, disminuyen de forma progresiva en el Grado de Medicina, mientras que en el Grado de Farmacia existe una mayor variabilidad que se relaciona con la mayor o menor dificultad de la prueba y que indica que el empleo del feedback era más adecuado.
 3. Las diferencias en la actividad de los estudiantes en el sistema i-SIDRA pueden explicarse por la distinta modalidad que se utilizó en el Grado de Medicina (a distancia) y en el Grado de Farmacia (presencial y supervisada).
 4. La mayoría de los alumnos del Grado de Medicina y del Grado de Farmacia que llegan al estado de conocimiento perfecto, emplean menos tiempo que la media, revelando un mejor aprovechamiento del feedback diagnóstico.
 5. Los alumnos que emplean menor tiempo y hacen menos envíos al sistema, tienden a obtener mejores calificaciones en cada prueba.
 6. El aumento de las diferencias en las puntuaciones entre el primer y último envío, indistintamente del nivel de conocimiento de partida, indican que el diseño y soporte ofrecido por el feedback diagnóstico de forma individual, fue adecuado para aumentar el nivel de conocimiento del alumno.
 7. Mediante el análisis de los diagramas de estado de conocimiento se puede identificar el comportamiento global de los alumnos con respecto a los feedback diagnósticos recibidos, e identificar aquellos que presentan deficiencias.
 8. El incremento de las puntuaciones durante las pruebas i-SIDRA no tiene relación con el rendimiento del alumno en el examen final.
-

9. Los alumnos del Grado de Farmacia que obtienen, en el último envío, mejores puntuaciones en las pruebas i-SIDRA, tienden a obtener mayores calificaciones en el examen final, mientras que en el caso de los alumnos del Grado de Medicina, esa tendencia es más débil.
 10. No hemos podido demostrar claramente en ninguno de los experimentos que exista aprendizaje cognitivo del alumno entre ambas pruebas, SORIIR con i-SIDRA más un SRA con SIDRA.
 11. En el experimento del Grado de Farmacia existe una correlación baja entre las puntuaciones del SRA con SIDRA y las puntuaciones del examen final, en la mayoría de las pruebas. Sin embargo en el Grado de Medicina esta correlación no se ha demostrado.
 12. En ambos experimentos, el grupo que utilizó i-SIDRA obtuvo mayores tasas de rendimiento y de éxito que las del grupo control.
 13. El uso del sistema SORIIR con i-SIDRA más un SRA con SIDRA mejora los rendimientos académicos del grupo experimental frente al grupo control.
 14. La experiencia de los estudiantes en el empleo de las herramientas i-SIDRA y SIDRA, fue valorada muy satisfactoriamente.
 15. El meta-análisis realizado sobre los dos experimentos apunta hacia el mayor rendimiento académico de los estudiantes cuando se utiliza el sistema SORIIR con i-SIDRA más un SRA con SIDRA, dando fuerza a los resultados obtenidos en este trabajo.
-



7. BIBLIOGRAFÍA

1. Montero M. El proceso de Bolonia y las nuevas competencias. Tejuelo. 2010;9:19-37.
 2. García Manjon JV, Perez López MC. Espacio Europeo de Educación Superior, competencias profesionales y empleabilidad. Revista Iberoamericana de Educación. 2008;46(6):469-10.
 3. Delgado AM, Oliver R. La evaluación continua en un nuevo escenario docente. Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC) [Internet]. 2006 [citado 11 Nov 2014]; 3(1). Disponible en: http://www.uoc.edu/rusc/3/1/dt/esp/delgado_oliver.pdf.
 4. Ferro C, Martinez AI, Otero MC. Ventajas del uso de las TICs en el proceso de enseñanza-aprendizaje desde la óptica de los docentes universitarios españoles. EDUTEC, Revista Electrónica de Tecnología Educativa [Internet]. 2009 [citado 28 nov 2014]. Disponible en: <http://edutec.rediris.es/revelec2/revelec29/>
 5. Duncan D. Clickers: A New Teaching Aid with Exceptional Promise. Astronomy Education Review. 2007;5(1):70-88.
 6. Ruiz Jiménez A, Ceballos Hernández C, García Gragera JA. Utilización de un sistema de respuesta interactiva como herramienta contra el absentismo en la Universidad. Grupo Editorial Universitario; 2010. p. 179-91.
 7. Bloom BS. Taxonomía de los objetivos de la educación: la clasificación de las metas educacionales. 4ª ed. Buenos Aires: El Ateneo; 1990.
 8. Bonwell CC, Eison JA. Active learning: Creating excitement in the classroom. Retrieved from: ERIC database ED340272 1991.
 9. Mareno N, Bremner M, Emerson C. The use of audience response systems in nursing education: best practice guidelines. Int J Nurs Educ Scholarsh. 2010;7(1):1-17.
 10. Prince M. Does Active Learning Work? A Review of the Research. Journal of Engineering Education. 2004;93(3):223-31.
-

11. Stewart PDW, Brown SD, Clavier CW, Wyatt J. Active-Learning Processes Used in US Pharmacy Education. *American Journal of Pharmaceutical Education*. 2011;75(4):68.
 12. Berry J. Technology support in nursing education: clickers in the classroom. *Nurs Educ Perspect*. 2009;30(5):295-8.
 13. Carrión Señor I, Fernández-Alemán JL, Toval A. Personal Health Records: New Means to Safely Handle Health data? *IEEE Comp*. 2012;45(11):27-33.
 14. Zapata B, Fernández-Alemán J, Idri A, Toval A. Empirical Studies on Usability of mHealth Apps: A Systematic Literature Review. *Journal of Medical Systems*. 2015;39(2):1-19.
 15. Ouhbi S, Fernández-Alemán J, Toval A, Idri A, Pozo J. Free Blood Donation Mobile Applications. *Journal of Medical Systems*. 2015;39(5):1-20.
 16. Fernández-Alemán J, Seva-Llor C, Toval A, Ouhbi S, Fernández-Luque L. Free Web-based Personal Health Records: An Analysis of Functionality. *Journal of Medical Systems*. 2013;37(6):1-16.
 17. Ozdalga E, Ozdalga A, Ahuja N. The Smartphone in Medicine: A Review of Current and Potential Use Among Physicians and Students. *Journal of Medical Internet Research*. 2012;14(5):128.
 18. Juanes J, Ruisoto P. Computer Applications in Health Science Education. *Journal of Medical Systems*. 2015;39(9):1-5.
 19. Lara JA, Lizcano D, Martínez MA, Pazos J, Riera T. A system for knowledge discovery in e-learning environments within the European Higher Education Area Application to student data from Open University of Madrid, UDIMA. *Computers & Education*. 2014;72(0):23-36.
 20. Fernandez-Aleman JL, Palmer-Brown D, Jayne C. Effects of Response-Driven Feedback in Computer Science Learning. *IEEE Transactions on Education*. 2011;54(3):501-8.
-

21. Fernandez-Aleman JL, Jayne C, Sanchez AB, Carrillo-de-Gea JM, Toval A. Neural network-based data analysis for medical-surgical nursing learning. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.* 2012;6036-9.
 22. Fernández-Alemán J, Jayne C, García A, Carrillo-de-Gea J, Toval Alvarez A. Knowledge Clustering Using a Neural Network in a Course on Medical-Surgical Nursing. In: Jayne C, Yue S, Iliadis L, editors. *Engineering Applications of Neural Networks: Springer Berlin Heidelberg;* 2012.p.385-94.
 23. Guo R, Palmer-Brown D, Lee SW, Cai FF. Intelligent diagnostic feedback for online multiple-choice questions. *Artificial Intelligence Review.* 2014;42(3):369-83.
 24. DeSorbo AL, Noble J, Shaffer M, Gerin W, Williams OA. The Use of an Audience Response System in an Elementary School–Based Health Education Program. *Health Education and Behavior.* 2013;40(5):531-5.
 25. Moss K, Crowley M. Effective learning in science: The use of personal response systems with a wide range of audiences. *Computers & Education.* 2011;56:36-43.
 26. MacArthur J, Jones L. A review of literature reports of clickers applicable to college chemistry classrooms. *Chem Educ Res Pract.* 2008;9(3):187-95.
 27. De Gagne JC. The impact of clickers in nursing education: a review of literature. *Nurse Educ Today.* 2011;31(8):34-40.
 28. Schackow TE, Chavez M, Loya L, Friedman M. Audience Response System: Effect on Learning in Family Medicine Residents. *Family Medicine.* 2004;36(7):496-504.
 29. Nájera A, Villalba JM, Arribas E. Student peer evaluation using a remote response system. *Medical Education.* 2010;44(11):1146
 30. J Hashim M. Standard setting using an audience response system with 'clickers'. *Medical Education.* 2013;47(5):530.
-

31. Schick P, Abramson S, Burke J. Audience response technology: under-appreciated value of post hoc analysis. *Medical Education*. 2011;45(11):1157-8.
 32. Garbutt JM, DeFer TM, Highstein G, McNaughton C, Milligan P, Fraser VF. Safe Prescribing: An Educational Intervention For Medical Students. *Teaching and Learning in Medicine*. 2006;18(3):244-50.
 33. Latessa R, Mouw D. Use of an audience response system to augment interactive learning. *Fam Med*. 2005;37(1):12-4.
 34. Pradhan A, Sparano D, Ananth CV. The influence of an audience response system on knowledge retention: An application to resident education. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. 2005;193(5):1827-30.
 35. Gauci SA, Dantas AM, Williams DA, Kemm RE. Promoting student-centered active learning in lectures with a personal response system. *Advances in physiology education*. 2009;33(1):60-71.
 36. Bhargava P, Lackey AE, Dhand S, Moshiri M, Jambhekar K, Pandey T. Radiology Education 2.0. On the Cusp of Change: Part 1. Tablet Computers, Online Curriculum, Remote Meeting Tools and Audience Response Systems. *Academic Radiology*. 2013;20(3):364-72.
 37. Turban JW. The audience response system: a modality for course evaluation. *Medical Education*. 2009;43(5):488-9.
 38. Harden RM. Student feedback from MCQ examinations. *Medical Education*. 1975;9(2):102-5.
 39. Manning S, Dix A. Identifying students' mathematical skills from a multiple-choice diagnostic test using an iterative technique to minimise false positives. *Computers & Education*. 2008;51(3):1154-71.
 40. Collins LJ. Livening up the classroom: Using audience response systems to promote active learning. *Medical Reference Services Quarterly*. 2007;26:81-8.
-

-
41. DeBourgh GA. Use of classroom "clickers" to promote acquisition of advanced reasoning skills. *Nurse Educ Pract.* 2008;8(2):76-87.
 42. Cabero J. Impacto de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación en las organizaciones educativas En: Lorenzo Myoc, editor. *Enfoques en la organización y dirección de instituciones educativas formales y no formales.* Granada: Grupo Editorial Universitario; 1998. p. 197-206.
 43. Clark RC, Mayer, R.E. *e-Learning and the Science of Instruction: Proven Guidelines for Consumers and Designers of Multimedia Learning.* 4th ed: Pfeiffer & Co John Wiley & Sons, Inc; 2016.
 44. Cabero J. Las necesidades de las TIC en el ámbito educativo: oportunidades, riesgos y necesidades. *Tecnología y comunicación educativas.* 2007;45:5-19.
 45. Khamparia A, Pandey B. 'El conocimiento y los métodos de cómputo inteligentes en el elearning. *Int J Tecnologías para la Educación.* 2015;7(3):221-42.
 46. García BM. Reseña de "De la educación a distancia a la educación virtual" de L. García Aretio (coord.), M. Ruiz Corbella y D. Domínguez Fajardo. *Pedagogía Social Revista Interuniversitaria.* 2008;15:157-60.
 47. Barajas M, Álvarez B. *La Tecnología Educativa en la enseñanza superior: entornos virtuales de aprendizaje.* 1ª ed. Madrid: Ed. McGraw-Hill; 2003.
 48. Área Moreira M, San Nicolás Santos MB, Fariña Vargas E. "Buenas prácticas de aulas virtuales en la docencia universitaria presencial". En De Pablos Pons, J. (Coord.) *Buenas prácticas de enseñanza con TIC [monográfico]. Revista Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información.* 2010;11(1):7-31.
 49. Bartolomé A. *Blended Learning. Conceptos básicos.* *Píxel-Bit Revista de Medios y Educación.* 2004;23:7-20.
-

50. Ruiz JG, Mintzer MJ, Leipzig RM. The impact of e-learning in medical education. *Academic Medicine*. 2006;81(3):207-12.
 51. Mödritscher F. e-Learning theories in practice: a comparison of three methods. *Journal of Universal Science and Technology of Learning*. 2006;0(0):3-18.
 52. Atkins MJ. Theories of learning and multimedia applications: An overview. *Research Papers in Education*. 1993;8(2):251-71.
 53. McLeod G. Learning Theory and Instructional Design. *Learning Matters*. 2003;2:35-43.
 54. Holmes B, Gardner J. *E-Learning: Concepts and Practice*. 1st ed. London: Sage Publications; 2006.
 55. Siragusa L, Dixon KC. Closing the gap between pedagogical theory and online instructional design: a bridge too far? En: Chiazese G, Allegra M, hifari A, Ottaviano S, editors. *Methods and Technologies for Learning*. Southampton, Boston: WIT Press; 2005. p. 37-44.
 56. Aljamal A, Cader H, Chiemeké C, Speece M. Empirical assessment of e-learning on performance in principles of economics. *International Review of Economics Education*. 2015;18:37-48.
 57. Hilera JR, V.J.Martinez. *Redes neuronales artificiales. Fundamentos, modelos y aplicaciones*. 1ª ed. Madrid: Addison-Wesley Iberoamericana SA; 1995.
 58. Haykin. S. *Neuronal network: A comprehensive foundation*. 3th ed. N.J. USA: Prentice Hall; 2008.
 59. Kohonen T. *Self-organization and associative memory*. 3th ed. New York: Springer-Verlag New York, Inc; 1989.
 60. López RF, Fernández JMF. *Las redes neuronales artificiales: Fundamentos teóricos y aplicaciones prácticas*. 1ª ed. 2008, editor. Oleiros, La Coruña: Netbiblo SL.
-

-
61. Torra Porras S, Monte Moreno E. Modelos neuronales aplicados en economía : casos prácticos mediante Mathematica / Neural Networks. 1ª ed. Addlink Software Científico S.L.; 2013.
 62. Medina Chipana AG. Clasificación texturas mediante redes neuronales. Revista de Información, Tecnología y Sociedad. 2009;2:62-5.
 63. Brío BMD, Molina AS. Redes neuronales y sistemas borrosos. 2ª ed, RA-MA; 2001.
 64. Gestal M, Dorado J, Fernández-Blanco E. Redes neuronales Artificiales y computación evolutiva. In: Rabuñal JR DJ, Fernandez-Blanco E, Ibáñez O, editor. TIC en Ingeniería Civil. 1ª ed. Fundacion Alfredo Brañas; 2007. p. 41-64.
 65. Lee SW, Palmer-Brown D, Tepper JA, Roadknight CM, editors. Snap-drift: real-time, performance-guided learning. IJCNN Neural Networks, Proceedings of the International Joint Conference on 2003 July 20-24
 66. Lee SW, Palmer-Brown D, Roadknight CM. Performance-guided neural network for rapidly self-organising active network management. Neurocomputing. 2004;61(0):5-20.
 67. Brown DP, Draganova C, Sin Wee L, editors. Snap-drift neural network for selecting student feedback. IJCNN. Neural Networks, International Joint Conference on; 2009 14-19 June 2009.
 68. Sin Wee L, Palmer-Brown D, Roadknight C, editors. Reinforced snap-drift learning for proxy selection in active computer networks. Proceedings of IEEE International Joint Conference on Neural Networks; 2004 July 25-29.
 69. Kohonen T. Learning vector quantization. Neural Networks. 1988;1(1 SUPPL):303.
-

70. Palmer-Brown D, Jayne C. Self Organisation and Modal Learning: Algorithms and Applications. In: Bianchini M, Maggini M, Jain LC, editors. Handbook on Neural Information Processing: Springer Berlin Heidelberg; 2013. p. 379-400.
 71. Judson E, Sawada D. Learning from past and present: electronic response systems in college lecture halls. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*. 2002;21(2):167.
 72. Shaffer DM, Collura M. Technology and Teaching: Evaluating the Effectiveness of a Personal Response System in the Classroom. *Teaching of Psychology*. 2009;36:273-7.
 73. Kay RH, LeSage A. Examining the benefits and challenges of using audience response systems:A review of the literature. *Computers & Education*. 2009;53:819–27.
 74. Banks DA. Audience response System in higher education: Application and case. Information Science Publishing. 2006:83-4.
 75. Abrahamson L. A brief history of networked classrooms: Effects, cases, pedagogy, and implications. In: Banks D, editor. Audience Response Systems in Higher Education: Applications and Cases: Idea Group Inc.; 2006. p. 1-25.
 76. Lowery R. Teaching and learning with interactive student Response system: A comparison of Commercial Product in the Higher education market. Annual meeting of the southwestern social science association and its affiliates; 2005 March 23 - 26; New Orleans L.A..
 77. Hanson CM. An evaluation of the effectiveness of the instructional methods used with a Student Response System at a large university. *Interactive Educational Multimedia, an on-line journal published at the University of Barcelona*. 2008(17):29-47.
 78. Jensen R, Meyer L, Sternberger C. Three technological enhancements in nursing education: informatics instruction, personal response systems, and human patient simulation. *Nurse Educ Pract*. 2009;9(2):86-90.
-

-
79. Weerts SE. Clicker Technology Promotes Interactivity in an Undergraduate Nutrition Course. *Journal of Nutrition Education and Behavior*. 2009;41(3):227-8.
 80. Beatty ID, Gerace WJ, Leonard WJ, Dufresne RJ. Designing effective questions for classroom response system teaching. *American Association of Physics Teachers*. 2006;74(1):31-9.
 81. Barrett SM, Bornsen SE, Erickson SL, Markey V, Spiering K. The personal response system as a teaching aid. *Communication Teacher*,. 2005;19(3):89-92.
 82. Greer L, Heaney PJ. Real-time analysis of student comprehension: An assessment of electronic student response technology in an introductory earth science course. *Journal of Geoscience Education*. 2004;52(4):345-51.
 83. Kennedy GE, Cutts QI. The association between students' use of an electronic voting system and their learning outcomes. *Journal of Computer Assisted Learning*. 2005;21:260-8.
 84. Doucet M, Vrins A, Harvey D. Effect of using an audience response system on learning environment, motivation, and long-term retention, during case-discussions in a large group of undergraduate veterinary clinical pharmacology students. *Medical Teacher*. 2009;31:570-9.
 85. Beekes W. The 'Millionaire' method for encouraging participation. *Active Learning in Higher Education*. 2006;7(1):25-36.
 86. Silliman SE, McWilliams L. Observations on benefits/limitations of an audience response system. *American Society for Engineering Education Annual Conference and Exposition*; 2004 June. Salt lake city Utah
 87. López M. *La evaluación del aprendizaje en el aula*. 1ª ed. Barcelona: Editorial Edelvives; 2001.
 88. Skiba DJ. Got large lecture hall classes? Use clickers. *Nurs Educ Perspect*. 2006;27(5):278-80.
-

-
89. Hu J, Bertok P, Hamilton M, White G, Duff A, Cutts QI. Audience Response Systems in Higher Education. In: Banks DA, editor.: Hershey, PA: Information Science Publishing; 2006. p. 209–21.
 90. Hatch J, Jensen M, Moore R. Manna from heaven or clickers from hell. *Journal of College Science Teaching*. 2005;34(7):36-9.
 91. Sharma MD, Khachan J, Chan B, O'Byrne J. An investigation of the effectiveness of electronic classroom communication systems in large lectures. *Australasian Journal of Educational Technology*. 2005;21(2):137-54.
 92. Siau K, Sheng H, Nah F. Use of classroom response system to enhance classroom interactivity. *IEEE Transactions on Education*. 2006;49(3):398-403.
 93. Caldwell JE. Clickers in the large classroom: current research and best-practice tips. *CBE Life Sci Educ*. 2007;6(1):9-20.
 94. Reay NW, Bao L, Li P, Warnakulasooriya R, Baugh G. Toward the effective use of voting machines in physics lectures. *American Journal of Physics*. 2005;73(6):554-8.
 95. Stuart SAJ, Brown MI, Draper SW. Using an electronic voting system in logic lectures: one practitioner's application. *Journal of Computer Assisted Learning*. 2004;20(2):95-102.
 96. Nicol DJ, Boyle JT. Peer instruction versus class-wide discussion in large classes: A comparison of two interaction methods in the wired classroom. *Studies in Higher Education*. 2003;28(4):299-308.
 97. Allen D, Tanner K. Infusing active learning into the large-enrolment biology class: Seven strategies, from the simple to complex. *Cell Biology Education*. 2005;4:262-8.
 98. Fagan AP, Crouch CH, Mazur E. Peer instruction: Results from a range of classrooms. *The Physics Teacher*. 2006;40(4):206-9.
-

-
99. Paschal CB. Formative assessment in physiology teaching using a wireless classroom communication system. *Advances in Physiology Education*. 2004;26(4):299-308.
 100. Robertson LJ. Twelve tips for using a computerised interactive audience response system. *Medical Teacher*. 2000;22(3):237-9.
 101. Sacristán M, Garrido P, Alfalla R, González MM, Moreno AM, Ríos M, et al. Evaluación a través de plataformas virtuales. Una herramienta para la mejora de la estrategia de enseñanza-aprendizaje. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Granada; 2009.
 102. Hattie J, Timperley H. The Power of Feed Back. *Review of Educational Research*. 2007;77(1):81-112.
 103. Lozano Martínez FG, Tamez Vargas LA. Retroalimentación formativa para estudiantes de educación a distancia. *RIED Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*. 2014;17(2):197-221.
 104. Epstein M, Lazarus A, Calvano T, Mathews K, Hendel R, Epstein B, et al. Immediate feedback assessment technique promotes learning and corrects inaccurate first response. *Psychol Record*. 2002;52(2):187-201.
 105. Higgins E, Tatham L. Exploring the potential of multiple-choice questions in assessment. *Learn Teach Action*. 2003;2(1).
 106. Kuechler WL SM. How well do multiple choice tests evaluate student understanding in computer programming classes? *J Inf Syst Educ* 2003;14(4):389-99.
 107. Jonsson A. Facilitating productive use of feedback in higher education. . *Active learning in higher education*. 2012;14(1):63-79.
 108. López-Jiménez JJ. SIDRA: Sistema de Respuesta a Distancia Móvil: T.F.M. Máster Universitario en Nuevas Tecnologías en Informática de la Facultad de Informática.Universidad de Murcia; 2015.
-

109. Palmer-Brown D, Jayne C. Snap–drift neural network for self-organisation and sequence learning. *Neural Networks*. 2011;24(8):897-905.
 110. Hunsu NJ, Adesope O, Bayly DJ. ,A meta-analysis of the effects of audience response systems (clicker-based technologies) on cognition and affect,. *Computers & Education*. 2016;94:102-19.
 111. Atlantis E, BS. C. Effect of audience response system technology on learning outcomes in health students and professionals: an updated systematic review. *Int J Evid Based Healthc*. 2015;13(1):3-8.
 112. Lymn J, Bowskill D. Learning on the move. *Nurs Stand*. 2010;24(31):61.
 113. Meedzan N, Fisher K. Clickers in nursing education: an active learning tool in the classroom. *OJNI: Online Journal of Nursing Informatics*. 2009;13(2):1-19.
 114. Smith DA, Rosenkoetter MM. Effectiveness, challenges, and perceptions of classroom participation systems. *Nurse Educ*. 2009;34(4):156-61.
 115. Williams B, Boyle M. The use of interactive wireless keypads for interprofessional learning experiences by undergraduate emergency health students. *International Journal of Education and Development using ICT*. 2008;4(1):41-8.
 116. Auras R, Bix L. Wake up! The effectiveness of a student response system in large packaging classes. *Packaging Technology and Science*. 2007;20(3):183-95.
 117. Zurmehly J, Leadingham C. Exploring student response systems in nursing education. *Comput Inform Nurs*. 2008;26(5):265.
 118. Stein PS, Challman SD, Brueckner JK. Using audience response technology for pretest reviews in an undergraduate nursing course. *J Nurs Educ*. 2006;45(11):469-73.
-

-
119. Mostyn A, Meade O, Lymn J. Using Audience Response Technology to provide formative feedback on pharmacology performance for non-medical prescribing students - a preliminary evaluation. *British Medical Education*. 2012;12(113):2-8.
 120. Halloran L. A comparison of two methods of teaching. computer managed instruction and keypad questions versus traditional classroom lecture. *Computers in Nursing*. 1995;13(6):285-8.
 121. Barbour ME. Electronic voting in dental materials education; the impact of students' attitudes and exam performance. *Journal of Dental Education*. 2008;72(9):1042-7.
 122. Patterson B, Kilpatrick J, Woebkenberg E. Evidence for teaching practice: the impact of clickers in a large classroom environment. *Nurse Educ Today*. 2010;30(7):603-7.
 123. Graeff EC, Vail M, Maldonado A, Lund M, Galante S, Tataronis G. Click it: assessment of classroom response systems in physician assistant education. *J Allied Health*. 2011;40(1):1-5.
 124. Suzanne M, Galal JK, Mayberry E, Chan J, Hargis JH. Technology vs pedagogy: Instructional effectiveness and student perceptions of a student response system. *Currents in Pharmacy Teaching and Learning*. 2015;7(5):590-98.
 125. Elashvili A, Denehy GE, Dawson DV, Cunningham MA. Evaluation of an audience response system in a preclinical operative dentistry course. *Journal of Dental Education*. 2008;72(1):1296-303.
 126. FitzPatrick KA, Finn, K. E., & Campisi, J. Effect of personal response systems on student perception and academic performance in courses in a health sciences curriculum. *AJP: Advances in Physiology Education*,. 2011;35(3):280-9.
 127. Cain J, Black EP, Rohr J. An audience response system strategy to improve student motivation, attention, and feedback. *American Journal of Pharmaceutical Education*. 2009;73(2):1-7.
-

128. Alexander CJ, Crescini WM, Juskewitch JE, Lachman N, Pawlina W. Assessing the integration of audience response system technology in teaching of anatomical sciences. *Anatomical Sciences Education*. 2009;2:160-6.
 129. Rubio EI, Bassignani MJ, White MA, Brant WE. Effect of an audience response system on resident learning and retention of lecture material. *AJR American Journal of Roentgenology*. 2008;190(6):319-22.
 130. Crossgrove K, & Curran, K. L. . Using clickers in non-majors and majorslevel biology courses: Student opinion, learning, and long-term retention of course material. *CBE Life Sciences Education*. 2008;7:149-54.
 131. Lantz M.E. SA. Effectiveness of clickers: Effect of feedback and the timing of questions on learning, . *Computers in Human Behavior*. 2014;1:280-6.
 132. Duggan P, Palmer E, Devitt P. Electronic voting to encourage interactive lectures: a randomised trial. *BMC Medical Education*. 2007;7(1):25.
 133. Liu FC, Gettig JP, Fjortoft N. Impact of a student response system on short- and long-term learning in a drug literature evaluation course. *American Journal of Pharmaceutical Education*,. 2010;74(1):6.
 134. Luke E, Grzeskowiak AE, Thomas J, Emily R, Adam JP, Dorado J. Enhancing continuing education activities using audience response systems: a single-blind controlled trial. *Contin Educ Health Prof*. 2015;35(1):38-45.
 135. Nelson C, Hartling L, Campbell S, Oswald A. The effects of audience response systems on learning outcomes in health professions education. A BEME systematic review: BEME Guide 21. *Med Teach*. 2012;34(6):386-405.
 136. Nathaniel J. H, Olusola A, B DJ. A meta-analysis of the effects of audience response systems (clicker-based technologies) on cognition and affect. *Computers & Education*. 2016;94:102-19.
-

-
137. Haladyna TM., Downing S.M., Rodriguez,M.C. A Review of Multiple-Choice Item-Writing Guidelines for Classroom Assessment: Applied Measurement In Education; 2004. 15(3), 309-334
 138. Hunter JE, Schmidt FL. Fixed effects vs. random effects meta-analysis models: implications for cumulative research knowledge. *Int J Sel Assess.* 2000;327(8):272-92.
 139. Hedges L, Olkin I. *Statistical Methods for Meta-Analysis.* Orlando LF: Academia Press; 1985.
 140. Dapena JAG-N, P. M. Castro C. P. Aplicación web para evaluación y seguimiento del rendimiento de asignaturas y titulaciones universitarias. *Revista de Formación e Innovación Educativa Universitaria.* 2010;3(3):152-65
 141. Arneja JS, Narasimhan, K., Bouwman, D., Bridge, P.D. Qualitative and Quantitative Outcomes of Audience Response Systems as an Educational Tool in a Plastic Surgery Residency Program. . *Plastic and Reconstructive Surgery Journal.* 2009;Diciembre: 2179-84.
 142. Cleland J, Arnold R, Chesser A. Failing finals is often a surprise for the student but not the teacher: identifying difficulties and supporting students with academic difficulties. *Medical Teacher.* 2005;27(6):504-8.
 143. Hatziapostolou T, Paraskakis, I. Enhancing the impact of formative feedback on student learning through an online feedback system. *Electron J E-Learn [Internet].* 2010; 8(2):[111-22 pp.]. Disponible en: www.ejel.org.
 144. Garber PR. *Giving and receiving performance feedback.* Amherst: HRD Press; 2004. 159 p.
 145. Landin M, Pérez J. Class attendance and academic achievement of pharmacy students in a European University. *Currents in Pharmacy Teaching and Learning.* 2015;7(1):78-83.
-

-
146. Cor MK, Peeters MJ. Using generalizability theory for reliable learning assessments in pharmacy education. *Currents in Pharmacy Teaching and Learning*. 2015;7(3):332-41.
 147. Yates J. Development of a 'toolkit' to identify medical students at risk of failure to thrive on the course: an exploratory retrospective case study. *BMC Medical Education*. 2011;11:95.
 148. Froncek B, Hirschfeld G, Thielsch MT. Characteristics of effective exams- Development and validation of an instrument for evaluating written exams. *Studies in Educational Evaluation*. 2014;43:79-87.
 149. Clark RC, Mayer, R.E. *Instructional Strategies for Directive Learning Environments*. *Handbook of Improving Performance in the Workplace: Volumes 1-3*: John Wiley & Sons, Inc.; 2010. p. 329-60.
 150. Blackman MS. It worked a different way. *College Teaching*. 2002;50(1):27-9.
 151. Votta RJ, Benau EM. Sources of stress for pharmacy students in a nationwide sample. *Currents in Pharmacy Teaching and Learning*. 2014;6(5):675-81.
 152. Lutze-Mann L, Kumar RK. The formative assessment lecture: enhancing student engagement. *Medical Education*. 2013;47(5):526-7.
 153. Race P, Brown, S. *500 tips for tutors*. 2th ed. London: Routledge Falmer; 2005.
 154. Reiser BJ, Kimberg, D.Y., Lovett, M.C., Ranney, M. Knowledge representation and explanation. In: Larkin JH, Chabay, R.W., editor. *Computer assisted instruction and intelligent tutoring systems: Shared Goals and complementary approaches*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates; 1992. p. 111-50.
-

-
155. Trapskin P, Smith K, Armitstead J, Davis G. Use of an Audience Response System to Introduce an Anticoagulation Guide to Physicians, Pharmacists, and Pharmacy Students. *Am J Pharm Educ.* 2005;69(2):190-7.
 156. Slain D, Abate M, Hodges BM, Stamatakis MK, Wolak S. An Interactive Response System to Promote Active Learning in the Doctor of Pharmacy Curriculum. *American Journal of Pharmaceutical Education.* 2004;68(5):1-9.
 157. Clark RE. Media will never influence learning. *Educational Technology Research and Development.* 1994;42(2):21-9.
 158. Eckleberry-Hunt J, Tucciarone J. The Challenges and Opportunities of Teaching "Generation Y". *Journal of Graduate Medical Education.* 2011;3(4):458-61.
 159. Kung JW, Slanetz PJ, Chen P-H, Lee KS, Donohoe K, Eisenberg RL. Resident and Attending Physician Attitudes Regarding an Audience Response System. *Journal of the American College of Radiology.* 2012;9(11):828-31.
 160. Lymn JS, Mostyn A. Audience response technology: Engaging and empowering non-medical prescribing students in pharmacology learning. *BMC Medical Education.* 2010;10:73.
 161. Beatty I. Transforming student learning with classroom communication systems. *Educause Center for Applied Research (ECAR) Research Bulletin.* 2004(3):1-13.
 162. Kampenes VB, Dyba T, Hannay JE, Sjøberg DI. A systematic review of effect size in software engineering experiments. *Information and Software Technology.* 2007;49(11):1073-86.
 163. Fernández-Alemán JL, Sánchez-García AB, López-Montesinos MJ, Jiménez-Lopez JJ. Examining the Benefits of Learning Based on an Audience Response System When Confronting Emergency Situations. *Computers Informatics Nursing.* 2014;32(5):207-13.
-

164. Gazibara T, Marusic V, Maric G, Zaric M, Vujcic I, Kistic-Tepavcevic D, et al. Introducing E-learning in Epidemiology Course for Undergraduate Medical Students at the Faculty of Medicine, University of Belgrade: A Pilot Study. *J Med Syst.* 2015;39:1-7.
-