

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE MEDICINA



TESIS DOCTORAL

Tecnologías interactivas y dispositivos móviles en la enseñanza de ciencias biomédicas

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Francisco Javier Mourín Moral

DIRECTORES

María José Anadón Baselga
Miguel Andrés Capó Martí
Elena Labajo González

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE MEDICINA



TECNOLOGÍAS INTERACTIVAS Y DISPOSITIVOS MÓVILES EN LA ENSEÑANZA DE CIENCIAS BIOMÉDICAS

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Francisco Javier Mourín Moral

DIRECTOR

María José Anadón Baselga

Miguel Andrés Capó Martí

Elena Labajo González

Madrid, 2022

A mis padres.
A mis hermanos.
A mis sobrinos.

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. María José Anadón por la Dirección y orientación de la Tesis.

Al Dr. Miguel Capó por la colaboración en la Dirección de la Tesis e inestimable ayuda.

A la Dra. Elena Labajo por la constante tutorización del trabajo.

A la Dra. María Benito, al Dr. José Antonio Sánchez y al Dr. Bernardo Perea por ayudarme en materia del Museo Antropológico.

A los Dres. Luis Ortiz y Juan Antonio Gilabert, por su colaboración.

A D. Santiago Fernández, por su ayuda inestimable.

A los Dres. Frejo, Lobo, Del Pino, Moyano, Díaz, por su apoyo.

Al Departamento de Medicina Legal, Psiquiatría y Patología, por facilitarme la realización de la Tesis Doctoral.

Abreviaturas

AEMPS: Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios.

App: (Application, Aplicación) tipo de programa informático diseñado como herramienta, para permitir a un usuario realizar diversos tipos de trabajos

CB: (Ciclo Biológico)

CRiSP: (Classroom Response System Perceptions) Percepciones del Sistema de Respuesta en el Aula, cuestionario.

CRS: Classroom Response System (Sistema de respuesta en el aula)

CTA: (Call To Action, llamada a la acción, muy utilizado en marketing)

EEES: (Espacio Europeo de Educación Superior)

EEB: (Encefalopatía Espongiforme Bovina)

EET: Encefalopatías Espongiformes Transmisibles

EHEA: European Higher Education Area (Espacio Europeo de Educación Superior)

How-to: “Cómo hacer”. Es un documento generalmente corto, que describe cómo cumplir con una cierta tarea. Esta palabra es propia de la jerga informática o electrónica.

MAM: Museo de Antropología Médica y Forense, Paleopatología y Criminalística. Profesor Reverte Coma.

PDF: Portable Document Format (Formato de documento portátil)

POS: (Point Of Sale) Punto de Venta

QR Code: Quick Response code, (código de respuesta rápida)

SEVEM: (Sistema Español de Verificación de Medicamentos)

TIC: Tecnologías de la Información y la Comunicación

TPV: (Terminal de Punto de Venta)

URL: Uniform Resource Locator (localizador uniforme de recursos), sirve para nombrar recursos en Internet.

Índice

Resumen	9
Abstract	11
1.- Introducción	13
2.- Justificación	19
3.- Hipótesis y Objetivos	21
4.- Material y métodos	25
5.- Códigos QR y Data Matrix	27
5.1.- Introducción	27
5.2.- El código QR en la enseñanza de ciencias biomédicas	30
5.3.-Material y métodos	34
5.4.- Pruebas de códigos QR y Data Matrix	34
5.5.- Digitalización de la documentación de un laboratorio de prácticas y/o investigación	38
5.5.1.- Desarrollo	37
5.5.2.- Resultados	47
5.6.- Audioguía para el MAM	49
5.6.1.- Desarrollo	50
5.6.2.- Resultados	59
5.7.- Propuesta de actividades interactivas usando QR	61
5.7.1.- Guía de la actividad	61
6.- Sistema de respuesta en el aula	65
(CRS) 6.1.- Introducción	65
6.2.- Metodología y herramientas	59
6.3.- Desarrollo	70
6.4.- Resultados	80
7.- App de entomología forense	83
7.1.- Introducción	83
7.2.- Material y métodos	85
7.3.- Desarrollo	86
7.4.- Resultados	92

8.- La App de datación como posible herramienta forense para la datación	95
8.1.- Ubicación de especies referenciadas	95
8.2.- Localización geográfica del cadáver	97
8.3.- Temperatura	98
8.4.- Masa larval	98
8.5.- Comportamiento diurno / nocturno entomofauna	99
8.6.- Drogas / Sustancias tóxicas	99
8.7.- Conocimiento estricto de ciclos biológicos en entomología	104
8.8.- Parámetros	107
8.9.- Almacenamiento	107
8.10.- Adaptación del algoritmo.	111
8.10.1.- Diseño del algoritmo	114
9.- Utilización de marcadores moleculares en entomología forense	117
9.1.- Introducción	117
9.2.- Thailandia: paraíso o infierno del barcode en entomología forense	119
9.3.- Barcode COI identificación molecular entomofauna en Alemania de interés forense	119
10.- Discusión	121
11.-	127
Conclusiones	129
12.- Bibliografía	139
13.- Anexos	

Resumen

Introducción:

Las nuevas tecnologías interactivas pueden ser utilizadas en el aula y se muestran útiles a la hora de dinamizar, trabajar en grupo, y suponer una mejora de las clases presenciales, tanto teóricas como prácticas. También se están incorporando a la enseñanza de ciencias biomédicas, en nuestro caso, utilizando dispositivos móviles.

La utilización de aplicaciones puede aumentar la interactividad, facilitar la participación, y mejorar el aprendizaje de manera práctica. Además, con el nuevo contexto de enseñanza online establecido debido a la enfermedad COVID-19, es necesario facilitar la realización de prácticas por parte de los alumnos, que puedan sustituir a las prácticas tradicionales presenciales y evitar compartir documentos.

Materiales y métodos:

Este proyecto tiene como objetivo estudiar el uso de dispositivos tales como móviles, tabletas, ordenadores portátiles o pizarras interactivas, en la enseñanza de Ciencias Biomédicas. Para ello se utilizan algunas herramientas informáticas, acordes con las prácticas de este tipo de enseñanza, para utilizarlas con los dispositivos propuestos, y estudiar sus ventajas e inconvenientes. Para ello se eligen las tecnologías de códigos QR y DataMatrix, un sistema de respuesta en el aula (CRS), y por último el entorno de programación ApplInventor2 para crear un App para dispositivos móviles.

La tecnología QR se ha utilizado para crear un sistema de audioguía para un museo de Antropología Médica, Forense, Paleopatología y Criminalística. También se propone una actividad interactiva en el mismo. La tecnología DataMatrix es usada en un laboratorio de prácticas como sistema de acceso a la documentación y equipos del laboratorio, como instrucciones, calibración, mantenimiento, normas del laboratorio o documentación de prácticas.

El sistema de respuesta en el aula está desarrollado por nosotros y personalizado, y es similar a otros sistemas comerciales. Se utiliza durante clases prácticas para obtener feedback de los alumnos y hacer la clase más participativa.

Y, por último, se ha desarrollado una aplicación (App para sistema Android) con explicaciones teóricas sobre la práctica, test, y prácticas de datación entomológica de la muerte, para ser utilizadas en dispositivos móviles con el sistema operativo Android.

Para conocer la opinión sobre la utilidad de estas tecnologías, se suministró a los estudiantes una encuesta de escala Likert de 5 puntos, que iba desde muy

en desacuerdo (puntuación 1) a muy de acuerdo (puntuación 5), para conocer el valor útil de las nuevas prácticas en cada entorno.

Resultados:

En el caso del uso en laboratorio de códigos DataMatrix existe una valoración muy positiva por parte de los alumnos, al acceso a la documentación en formato digital en los laboratorios de prácticas. Los resultados muestran que es importante tener disponible las instrucciones de los equipos de laboratorio, descargar la normativa de seguridad, y que esto puede mejorar la seguridad. Nos muestra que tener códigos en el laboratorio para acceder a documentación es muy positivo para los alumnos.

Los resultados muestran una buena aceptación por parte de los profesores en la utilización de una audioguía para el museo MAM.

Para el uso de un CRS se utiliza el cuestionario CRiSP, con unas puntuaciones medias de para las subescalas [usabilidad 17,23 (DE 2,3), participación 38,54 (DE 6,4), aprendizaje 45,34 (DE 6,5)] se correlacionaron con "de acuerdo" o "totalmente de acuerdo". Los estudiantes informaron que CRS en el aula mejoró el aprendizaje, mejoró la evaluación formativa y aumentó la participación.

Con el uso de una aplicación en dispositivos móviles, en general, los resultados de la encuesta indican que los estudiantes respondieron positivamente en el uso de nuevas tecnologías, sus contenidos, prueba de datación e información recibida con la app.

De todos ellos se obtienen guías tipo "How-to" para cada una de las actividades que se han realizado, y así poder ser llevadas a cabo por cualquier profesor que esté interesado.

Conclusiones:

El uso de las tecnologías QR, CRS, y la aplicación para Android, han sido útiles para el aprendizaje de los alumnos. Se ha obtenido una documentación útil para repetir estas experiencias por los profesores.

Los dispositivos móviles, Smartphones, tabletas y ordenadores portátiles, mediante estas tecnologías y el entorno proporcionado, han demostrado ser útiles en la enseñanza de ciencias biomédicas.

Hemos encontrado evidencia de que proporcionar información adecuada y de alto impacto, que se relacione directamente con la formación, es valioso para los estudiantes, y que los dispositivos móviles permiten que esto se entregue de manera oportuna, completa, actualizada y centrada en el estudiante.

Abstract

Introduction:

New interactive technologies can be used in the classroom and are useful when it comes to energizing, working in groups, and implying an improvement in face-to-face classes, both practical and theoretical classes. The teaching of biomedical sciences have also incorporated these technologies, in our case, with mobile devices.

The use of applications can increase interactivity, facilitate participation, and improve learning in a practical way. In addition, with the new context of online teaching established due to the COVID-19 disease, it is necessary to facilitate the carrying out of practices by students, which can replace traditional face-to-face practices and avoid sharing documents.

Materials and methods:

This project aims to study the use of devices such as mobile phones, tablets, laptops, or interactive whiteboards, in the teaching of Biomedical Sciences. For this target, some computer tools are used, by the practices of this type of teaching, to use them with the proposed devices, and to study their advantages and disadvantages. The technologies chosen are QR codes and DataMatrix, a classroom response system (CRS), and finally the ApplInventor2 programming environment to create an App for mobile devices.

QR technology is used to create an audio guide system for a museum of Medical Anthropology, Forensics, Paleopathology, and Criminalistics. Interactive activity is also proposed in it. DataMatrix technology is placed in a practice laboratory as a system for accessing laboratory documentation and equipment, such as instructions, calibration, maintenance, laboratory standards, or practice documentation.

The classroom response system is developed and customized by us, and is similar to other commercial systems. It is used during practical classes to obtain feedback from the students and to make the class more participatory.

Finally, an application (App for Android system) is developed with theoretical explanations on the practice, test, and practices of entomological dating of death, to be used on mobile devices with the Android operating system.

To find out students feedback about the usefulness of these technologies, students were given a 5-point Likert scale survey, ranging from strongly disagree (score 1) to strongly agree (score 5), to find out the useful value of new practices, in each context.

Results:

In the case of the use of DataMatrix codes in the laboratory, there is a very positive assessment by the students of access to documentation in digital format in the practice laboratories. The results show that it is important to have available the instructions for the laboratory equipment, safety regulations, and that this can improve safety. It shows us that having codes in the laboratory to access documentation is very positive for students.

The outcomes of the use of an audio guide for the MAM museum, show a good acceptance by teachers.

To evaluate the CRS the CRiSP questionnaire is used, with mean scores for the subscales [usability 17.23 (SD 2.3), participation 38.54 (SD 6.4), learning 45.34 (SD 6,5)] were correlated with "agree" or "strongly agree". Students reported that CRS in the classroom improved learning, improved formative assessment, and increased engagement.

With the use of an application on mobile devices, the results of the survey indicate that the students responded positively to the use of new technologies, their contents, proof of dating, and information received with the app.

From all of them, "How-to" type guides are obtained for each of the activities that have been carried out, and thus be able to be carried out by any interested teacher.

Conclusions:

QR, CRS, and App Android technologies have been useful for student learning. Useful documentation has been obtained to replicate these experiences by teachers.

Mobile devices, smartphones, tablets, and laptops, through these technologies and the environment provided, have proven to be useful in teaching biomedical sciences.

We have found evidence that providing relevant, high-impact information that directly relates to learning is valuable to learners, and that mobile devices enable this to be delivered in a timely, comprehensive, up-to-date, and student-centered manner.

1.- Introducción

Desde sus orígenes, el ser humano necesitó transmitir los conocimientos que había ido adquiriendo, para garantizar la continuidad y perfeccionamiento de la sociedad. Para hacer más comprensivo ese contenido, se auxilió de algunos recursos como dibujos, esquemas, objetos, o artilugios que, con el paso del tiempo y la evolución de la educación, dando lugar a los llamados medios para la enseñanza. Los sistemas educacionales siempre han estado unidos a los avances científicos y tecnológicos, que se han ido creando en la evolución y profundización del conocimiento. Debido a esto de los medios de enseñanza no se han mantenido estáticos, sino que también han progresado al ritmo que progresa la humanidad, incorporando parte de dichos avances para diseñar nuevos medios, en consonancia con las diferentes épocas del desarrollo cultural y técnico.

Las nuevas tecnologías tienen un papel importante en la mejora de las clases presenciales. Los medios de enseñanza constituyen uno de los componentes del proceso docente educativo que favorece la concepción científica del mundo y la asimilación de los conocimientos de los estudiantes. Han sido utilizados por los profesores desde los albores de la educación y han ido evolucionando en la misma medida en que la sociedad ha avanzado en su desarrollo científico y tecnológico. Los medios de enseñanza se han incrementado desde una pizarra, un pergamino o un libro, hasta incorporar a las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), dando lugar a la creación de nuevos soportes tecnológicos diseñados con el fin de hacer más objetivos los conocimientos.

El nivel de desarrollo de las especialidades, la técnica, plantean nuevas exigencias a los docentes en cuanto al uso de dichos medios, ya que la escuela, como institución integrada y parte constitutiva del entramado social, no puede quedar aislada del avance científico técnico (Area Moreira 1991). Ante la diversidad y complejidad de los medios de enseñanza en la actualidad, cabe preguntarse si los profesores se encuentran preparados para utilizarlos, en dependencia de las necesidades de las asignaturas que imparten.

Con las nuevas tecnologías existe la brecha digital, que es cualquier distribución desigual en el acceso, en el uso, o en el impacto de las tecnologías de la información y la comunicación entre grupos sociales. Esto es debido al alto costo de las TIC, y en consecuencia, su adopción y utilización es muy desigual en todo el mundo. Inicialmente se consideraba una cuestión principalmente de acceso, pero en la actualidad, con la proliferación de los teléfonos móviles, la desigualdad relativa se plantea entre aquellos que tienen más y menos ancho de banda, y más o menos habilidades asociadas.

Para estas últimas, se definen las habilidades del siglo XXI, que son un conjunto de habilidades, aptitudes y disposiciones para el aprendizaje que educadores, dirigentes empresariales, académicos y agencias gubernamentales han

identificado como necesarias para tener éxito en el trabajo y la sociedad del siglo XXI

Todo profesor debe ser consciente de la necesidad del uso de las nuevas TIC, por lo que deben ser capaces de desarrollar modos de enseñanza que fomenten la reflexión y el pensamiento crítico, para hacer un uso adecuado y racional de estos medios por los estudiantes (Prieto, 2011). En los procesos docentes de las carreras en ciencias de la salud, los medios de enseñanza como categoría didáctica del proceso de enseñanza-aprendizaje, cobran hoy una significación especial dado su desarrollo a la luz de los nuevos escenarios de formación vinculados estrechamente a la atención primaria de salud (APS).

De hecho, las tecnologías móviles están revolucionando la educación y transformando el aula convencional, con aplicaciones interactivas en el aula, y que tienen el potencial de mejorar las experiencias de aprendizaje de los estudiantes. Ahmed et al. (2013) y Fies et al. (2006).

Respecto al uso de las tecnologías, consultando los datos para el año 2021 del Instituto Nacional de Estadística, nos muestra que el 83,7% de los hogares con al menos un miembro de 16 a 74 años dispone de algún tipo de ordenador (de sobremesa, portátil, tablet...), lo que supone un aumento de 2,3 puntos respecto a 2020. Por tipo de dispositivo, el 77,9% cuenta con ordenadores de sobremesa o portátiles y el 57,5% con tablets.

El teléfono móvil está presente en casi la totalidad de los hogares (99,5%, al igual que en 2020). Por su parte, el teléfono fijo continúa su descenso y se encuentra disponible en el 67,2% de los hogares, 3,9 puntos menos que en 2020.

El 99,9% de los hogares (Tabla 1) cuenta con algún tipo de teléfono (fijo y/o móvil) y el 66,9% con ambos tipos. Un 0,3% dispone únicamente de fijo y un 32,6% utiliza exclusivamente el móvil para comunicarse desde el hogar (frente al 28,9% de 2020).

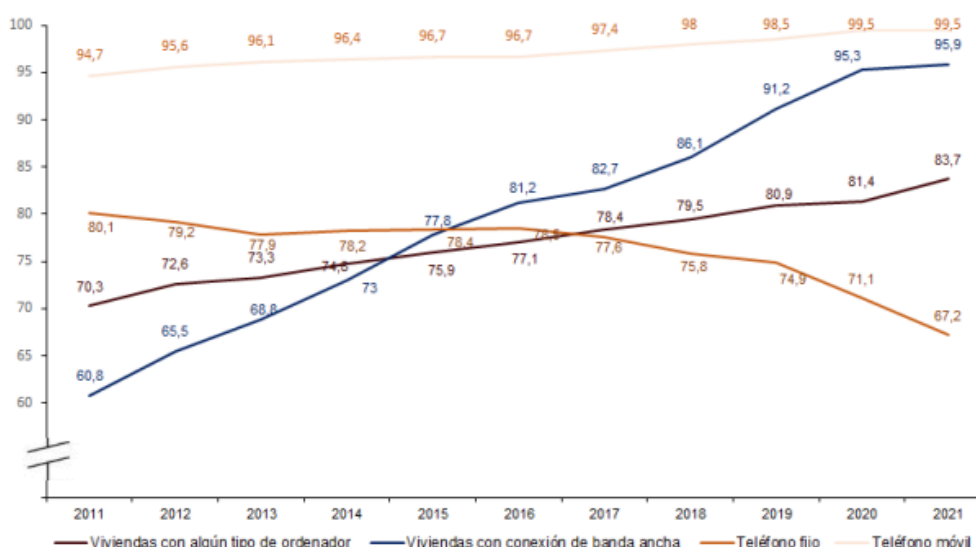


Tabla 1 - Instituto Nacional de Estadística 2021.

Casi 16 millones de hogares con al menos un miembro de 16 a 74 años (el 95,9% del total, frente al 95,3% de 2020) disponen de acceso a Internet por banda ancha fija y/o móvil. Los usuarios de internet llegan al 93,9 % en total. (Tabla 2)

Viendo la definición, un dispositivo móvil (mobile device), es un computador de bolsillo o de mano, es un tipo de computador de tamaño pequeño, con capacidades de procesamiento muy variadas, algunos con conexión a Internet, con memoria, e incluso pantalla de alta definición, diseñado específicamente para una función, pero que pueden llevar a cabo funciones de ordenador personal. Los tipos de dispositivo pueden ser Smartphone (teléfonos móviles inteligentes), tabletas, ordenadores portátiles, equipos GPS, agendas digitales o pdas PDA (del inglés Personal Digital Assistant, Asistente Digital Personal), por ejemplo. Las características que mejor definen a estos dispositivos son su pequeño tamaño, movilidad, comunicación, y tienen pantalla con teclado o pantalla táctil para poder interactuar con las personas.

	Usuarios de Internet en los tres últimos meses	Usuarios diarios de Internet (al menos 5 días a la semana)	Personas que han comprado por Internet en los tres últimos meses
TOTAL	93,9	85,8	55,2
Por sexo			
Hombres	93,9	85,1	55,7
Mujeres	93,9	86,5	54,8
Por edad			
De 16 a 24 años	99,7	96,9	64,6
De 25 a 34 años	99,3	95,9	74,3
De 35 a 44 años	98,4	94,1	68,7
De 45 a 54 años	98,0	89,6	58,3
De 55 a 64 años	91,0	78,5	39,1
De 65 a 74 años	73,3	56,3	23,0

Tabla 2- Usuarios de internet por edades. Instituto Nacional de Estadística 2021.

Los más conocidos son los teléfonos inteligentes y las tabletas, que pueden realizar muchas de las funciones que hace una computadora de escritorio (ver películas, crear documentos, juegos casuales, correo electrónico, navegar por Internet, reproducir archivos de audio, etc.) con la ventaja de ser un objeto del que se dispone constantemente. También se consideran dispositivos móviles un tipo especial de asistente digital, son las denominadas PDT (siglas en inglés de portable data terminal, que significa "terminal de datos portátil"), equipos dirigidos al uso industrial (por ejemplo, como lector móvil de código de barras, código de puntos o etiquetas de radiofrecuencia), en la construcción y militar. Algunos de sus principales fabricantes son Symbol Technologies, Intermec, DAP Technologies y Hand Held Products. Pero este tipo de dispositivos tiene una función muy limitada y no serán considerados en este estudio.

El dispositivo más numeroso es el Smartphone (el teléfono inteligente), es un dispositivo móvil que combina las funciones de un teléfono celular y de una computadora u ordenador de bolsillo. Estos dispositivos funcionan sobre una plataforma informática móvil, con mayor capacidad de almacenar datos y capaz de realizar tareas simultáneamente, tareas que realiza una computadora, y con una mayor conectividad que un teléfono convencional. Debido a ello, estos teléfonos reciben el nombre de inteligente, que se utiliza más bien con fines comerciales para distinguir de los teléfonos celulares básicos. El antecedente más cercano de estos dispositivos son los PDA.

Por otra parte, los teléfonos inteligentes modernos tienen sus orígenes a fines de la década de los 2000 y se popularizaron rápidamente en el transcurso de la década de 2010. Hace nueve años, a principios del año 2013, los teléfonos inteligentes superan en venta a los teléfonos celulares básicos/convencionales, revolucionando para siempre la telefonía móvil/celular desde entonces. El éxito de estos dispositivos es su movilidad, capacidad para navegar por internet, consultar el correo electrónico, envío de mensajes, función como teléfono, GPS y multitud de utilidades como brújula, nivel, entre otros. Esto hace que podamos realizar funciones sin tener que utilizar un ordenador convencional y en cualquier sitio.

Otro dispositivo que se ha introducido en las aulas es la pizarra digital interactiva, que se considera como parte de los nuevos estilos de enseñanza y aprendizaje, y es adecuado ver sus posibilidades para poder responder a las demandas educativas modernas. Se debe conocer si tienen o no importancia, así como sus ventajas y desventajas, al identificar objetivamente los propósitos y crear medios competentes, que faciliten el acceso a la información (conocimiento) entre docentes y estudiantes. (Castillo et al., 2016)

¿Cómo se adaptan las personas a las innovaciones?

En este estudio se plantea incorporar nuevas tecnologías y dispositivos móviles, pero la aceptación de estas innovaciones puede ser lenta. Rogers (1963) enunció su Teoría de Difusión de Innovaciones (TDI), en ésta define el efecto de difusión acumulado como el creciente grado de influencia sobre un individuo para adoptar o rechazar una innovación (Figura 1). La categorización del grado de aceptación se representa en cinco tramos o categorías ideales que se suceden en el tiempo: innovadores, primeros seguidores, mayoría temprana, mayoría tardía, y los rezagados.

Los innovadores son los primeros en adoptar una nueva herramienta, idea o técnica. Son personas emprendedoras, con recursos, que comprenden y pueden emplear fácilmente la tecnología. Ellos se comunican con otras personas similares externas al sistema. Aceptan incertidumbre y no se desaniman con problemas relacionados con la innovación. Ellos se auto-motivan para seguir

descubriendo nuevos usos. Pueden no ser muy respetados o comprendidos por los demás.

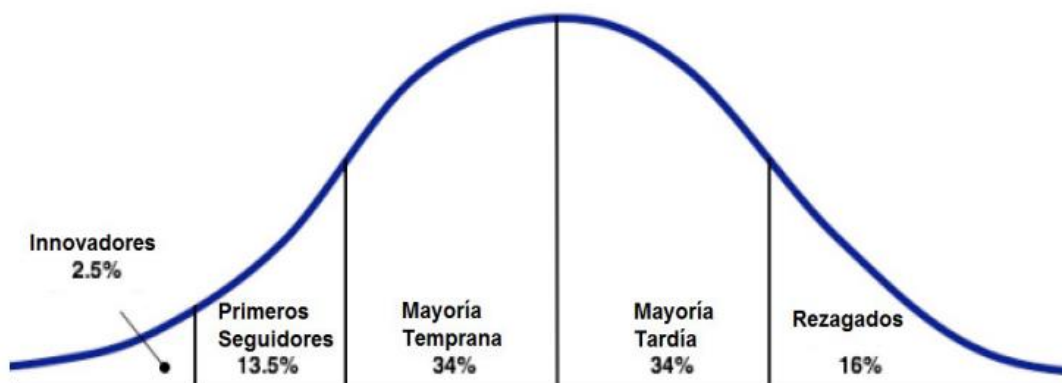


Figura 1 – Gráfica de aceptación de una innovación según la TDI de Rogers (Torres-Nazario, 2020)

Los primeros seguidores son los miembros que adoptan una innovación en sus primeras etapas. En contraste con los Innovadores, ellos por lo general, sí son respetados por sus compañeros. Están más integrados al sistema social. Son los profesores a los que se les pide ayuda y consejos. Se les conoce porque utilizan en forma mesurada y exitosa nuevas herramientas, métodos e ideas y por lo tanto sirven de modelo para los demás.

La mayoría temprana son aquellos que se les conoce por tener una interacción muy alta con sus compañeros. Ellos no ocupan posiciones de liderazgo dentro de su sistema social, ni oficial ni extraoficialmente. Ellos toman mucho más tiempo que los innovadores o primeros seguidores, en decidirse a usar una nueva herramienta, técnica o idea.

La mayoría tardía se refiere a aquellos que son mucho más cautelosos que los grupos anteriores, para probar cualquier innovación. Para que estas personas adopten innovaciones, deben de haberse eliminado casi todas las dudas relacionadas con su uso, y además, las normas de conducta y creencias del sistema social ya deben de favorecer su adopción.

Los rezagados son los más tradicionales de todo el sistema. Son excesivamente cautos para explorar nuevas ideas, técnicas y herramientas y generalmente tienen muy pocos recursos para apoyarlos. Su punto de referencia es el pasado, lo que los hace importantes para un sistema social ya que ellos recuerdan su historia y dan continuidad. Son personas solitarias que adoptan una innovación mucho después de que saben de su existencia, y sólo cuando el cambio se vuelve absolutamente necesario dentro del sistema.

Dispositivos móviles en las ciencias biomédicas

Las nuevas tecnologías forman parte de un marco más grande que es la ciber salud, o por sus siglas en inglés, "eHealth" (Electronic Health). Con la aparición y uso de tecnologías móviles, en la última década se ha acuñado el término Salud móvil o "mHealth" (Mobile health) para referirse al uso de dispositivos móviles en el cuidado de la salud, con diferentes tipos de audiencias, como médicos, enfermeros, pacientes o gente sana (Fiordelli 2013).

En el ámbito de la enseñanza existen experiencias como la de Chase (2018) en la que estudiantes de medicina en una rotación de seis semanas en un gran hospital universitario en Londres recibieron dispositivos mLearning (iPad mini) para apoyar su aprendizaje basado en la ubicación. Los comentarios sobre sus experiencias y percepciones se recopilaron mediante cuestionarios previos y posteriores al uso, cuyos resultados sugieren que los dispositivos mLearning tienen un efecto positivo en la eficiencia percibida del trabajo por parte de los estudiantes de medicina durante sus vínculos clínicos.

Uno de los usos de los dispositivos móviles, es como mandos de respuesta para un sistema de respuesta en el aula (Classroom Response System, CRS). En el ámbito de la enseñanza de ciencias biomédicas se utilizan los CRS más a menudo, debido sobre todo a que utilizan dispositivos móviles, muy fáciles de usar, y en algunos casos son gratuitos, al contrario de los clickers. Un ejemplo es el estudio de Malekigorji (2020), en el proporcionan un modelo de enseñanza y aprendizaje súper combinado mediante la hibridación del TurningPoint CRS con el Flipped Classroom (FC) y el aprendizaje basado en equipos. Flipped classroom o aula invertida es un modelo pedagógico que consiste en invertir el orden de la educación tradicional, trasladando la instrucción a casa. Su fin es el de optimizar el tiempo en clase dedicándolo, por ejemplo, a atender las necesidades especiales de cada alumno, desarrollar proyectos cooperativos o trabajar por proyectos.

El CRS permitió a los alumnos usar sus dispositivos inteligentes (por ejemplo, teléfonos, tabletas y computadoras portátiles) para responder a una variedad de preguntas numéricas, de opción múltiple, de respuesta corta y abiertas planteadas durante las clases en vivo y los alentó a participar en las actividades del aula.

Otra experiencia en esta línea es la de Schmidt (2020), en la que observan que los CRS permiten activar a la audiencia y recibir una retroalimentación directa de los participantes durante las conferencias, y que los sistemas modernos ya no requieren ningún hardware propietario. Los estudiantes pueden responder directamente en su teléfono inteligente. Otros estudios informaron sobre un alto nivel de satisfacción de los estudiantes cuando se utilizan sistemas de respuesta de la audiencia, sin embargo, su impacto en el éxito del aprendizaje aún no está claro. Para su estudio utilizaron el CRS eduVote en una serie de seminarios haciendo un estudio cruzado utilizando grupos en los que se utilizaba el CRS con otros que no. Su evaluación reveló que los estudiantes evaluaron el uso de CRS de manera muy positiva, se sintieron más comprometidos y mejor

motivados para tratar los temas respectivos y también preferirían su integración en cursos adicionales.

Hay literalmente innumerables formas de implementar nuevas tecnologías en el aprendizaje. El uso de dispositivos electrónicos modernos con acceso a Internet (Suanpang, 2012), combinado con otras técnicas de enseñanza, puede dar lugar a diferentes modelos que pueden ser igualmente eficaces.

En este estudio se han elegido tres tecnologías para utilizar con dispositivos móviles, los códigos QR, los sistemas de respuesta en el aula CRS y las Apps (aplicaciones para teléfonos móviles)

2.- Justificación

La utilización de dispositivos móviles en enseñanza de ciencias biomédicas es escasa a pesar de existir algunas experiencias documentadas que fomentan su uso.

Se ha observado que se hace necesario fomentar la incorporación de nuevas tecnologías a la enseñanza de ciencias biomédicas, y en concreto el uso de dispositivos móviles. Eligiendo unos casos en concreto, en un primer caso no se ha encontrado ningún artículo sobre el uso de códigos DataMatrix para acceder a documentación de laboratorios, evitar compartir documentación en papel, o mejorar la información de los alumnos.

En este contexto se muestra necesario mejorar la documentación de los laboratorios de prácticas e investigación, hacerla más accesible, evitar compartir entre alumnos, profesores, investigadores, y técnicos, la documentación “en papel” o dispositivos informáticos compartidos. (COVID 19) También se mejora la actualización, información de los usuarios y de los procedimientos de seguridad. Además, los usuarios pueden descargar la documentación, por ejemplo, en archivos con formato PDF y consultarlos “offline” y guardarlos para su uso particular.

En otro aspecto, se ha considerado necesario incorporar una audioguía con dispositivos móviles usando códigos QR para un museo de medicina forense, así como actividades interactivas con estos dispositivos que hacen del museo una herramienta más para la formación de los alumnos.

El uso de los CRS, aunque más habitual, no está muy extendido, observamos la necesidad de ponerlo en práctica con la posibilidad de personalizarlo para adaptarlo a las necesidades concretas, obteniendo feedback de los alumnos durante las clases presenciales, online, y semipresenciales, aumentando la participación en las clases.

Apenas existen Apps para dispositivos móviles de docencia de ciencias biomédicas, y es adecuado aumentar la interactividad con el material de prácticas, permitir hacer prácticas online, y simular diagnósticos mediante el desarrollo de sistemas expertos, con el uso de Apps para dispositivos móviles.

La escasa utilización de dispositivos móviles en la enseñanza de ciencias biomédicas, hace necesario el diseño de actividades y uso de tecnologías que permitan fomentar el uso de estos dispositivos, y la obtención de documentación de tipo "How to", que permita realizarlas y conseguir incorporar estos dispositivos y funcionalidades.

3.- Hipótesis y objetivos

Hipótesis

Integrando nuevas tecnologías con dispositivos móviles en la enseñanza de ciencias biomédicas, se obtiene un informe de técnicas que pueden servir de guía práctica a los docentes y poder ser aplicadas a las diferentes asignaturas, ayudando a integrar la enseñanza en el EEES (Espacio Europeo de Educación Superior).

Objetivos

Para la realización del presente estudio, se establecieron los siguientes objetivos:

Objetivo general

Evaluar una serie de actuaciones / actividades docentes para conseguir una incorporación de nuevas tecnologías y dispositivos móviles, a la enseñanza de ciencias biomédicas.

Objetivos específicos:

1. Realizar herramientas adaptadas como Apps y programas para servidores Web.
2. Probar tecnologías QR, Data Matrix, Apps Android y sistemas Web
3. Utilizar diferentes dispositivos, como Smartphones, Tablets y otros dispositivos móviles
4. Realizar informes guía de cómo utilizar las herramientas y dispositivos adaptados, como por ejemplo para la creación de páginas Web o códigos QR.

4.- Material y métodos

Como materiales se proponen:

- Cuestionarios elaborados en estos estudios
- Cuestionario de Percepciones del Sistema de Respuesta en el Aula (CRiSP)

Como métodos se harán entrevistas, elaborarán cuestionarios y herramientas informáticas que se pondrán a prueba para recoger resultados tanto de profesores como alumnos, para determinar la viabilidad del uso de las herramientas, poder modificar lo necesario y adaptarlas a las necesidades de este tipo de enseñanzas. Existe la necesidad de un adiestramiento en estas tecnologías, por parte de quienes se muestren interesados en el uso de estas. También se obtendrá documentación para utilizar los dispositivos en las diferentes actividades que se realicen.

La metodología se detalla más adelante en cada uno de los estudios que se han realizado.

5.- Códigos QR y Data Matrix

Los códigos QR (Quick Response) empiezan a ser utilizados en la enseñanza, como medio de acceder a información complementaria, utilizando dispositivos móviles. Los códigos Data Matrix son muy utilizados en la industria y escasamente usados en la enseñanza. Este estudio analiza el uso de ambos códigos en la enseñanza de ciencias biomédicas, incorporándolos a aparatos de laboratorio, manuales de prácticas, tareas interactivas, y como audioguías en un museo. Se utiliza un sistema que registra el número de accesos a los códigos, evaluación de las tareas, y cuestionarios de opinión sobre usabilidad y utilidad de las actividades realizadas. Como resultados se obtienen los índices de utilización de los códigos, cuestionarios y evaluaciones de las tareas interactivas. Los resultados muestran un índice de acceso alto a la información disponible en los laboratorios, destacando los accesos en los manuales de prácticas. Las tareas interactivas tienen mucha aceptación y los alumnos opinan que son muy útiles para su aprendizaje, destacando las audioguías utilizadas en el museo forense, que mejoran la información que reciben los visitantes.

5.1.- Introducción

Un código QR (Quick Response code, "código de respuesta rápida") es una evolución del código de barras. Es un gráfico que se utiliza para almacenar información en una matriz de puntos, o en un código de barras bidimensional. La matriz se lee en un dispositivo móvil con su cámara integrada, o por un lector específico, similar al que utilizan los TPV para los códigos de barras.

Los códigos QR se utilizaron por primera vez en 1994, creados por la empresa japonesa Denso Corporation. El origen de estos códigos, se basa en los códigos de barras utilizados en los supermercados a partir de la década de 1960, cuando Japón entró en su período de alto crecimiento económico. Estos supermercados, que venden una amplia gama de productos, desde alimentos hasta ropa, comenzaron a surgir en muchas ciudades. Las cajas registradoras, que se utilizaron en los mostradores de caja en estas tiendas, requerían que el precio se ingresara manualmente. Debido a esto, muchos cajeros sufrieron entumecimiento en la muñeca y el síndrome del túnel carpiano. La invención de los códigos de barras proporcionó una solución a este problema. (Denso, 2020)

Posteriormente, se desarrolló el sistema POS (Point Of Sale), que es un punto de Venta o TPV (Terminal de punto de venta), en el que el precio de un artículo de la mercancía, se mostraba en la caja registradora automáticamente, cuando el código de barras del artículo era escaneado por un sensor óptico, y la información sobre el artículo se enviaba a una computadora al mismo tiempo.

El uso de códigos de barras mostró unas limitaciones que también se hicieron evidentes, la más destacada, es que un código de barras solo puede contener

unos 20 caracteres alfanuméricos información. Los usuarios se pusieron en contacto con Denso, que estaban desarrollando lectores de códigos de barras en ese momento, para preguntarles si era posible desarrollar códigos de barras que pudieran contener más información, diciendo: "Nos gustaría la capacidad de codificar Kanji (caracteres logográficos chinos) y caracteres de Kana (silabarios japoneses), así como los alfanuméricos. Animados por estas entusiastas solicitudes, un equipo de desarrollo de Denso Wave se embarcó en el desarrollo de un nuevo código bidimensional.

Con los códigos de barras, la información se codifica en una dirección (una dimensión) solamente. Con los códigos 2D, por otro lado, la información se codifica en dos direcciones: cruzada y arriba / abajo. Un año y medio después de que se inició el proyecto de desarrollo y después de innumerables y repetidas pruebas y errores, finalmente se creó un Código QR capaz de codificar alrededor de 7,000 números con la capacidad adicional de codificar caracteres Kanji. Este código no solo puede contener una gran cantidad de información, sino que también puede leerse más de 10 veces más rápido que otros códigos. Además, en respuesta a una nueva tendencia social emergente en la que las personas exigían que los procesos de producción de las industrias fueran transparentes en parte para hacer que los productos sean rastreables, las compañías de alimentos, productos farmacéuticos y lentes de contacto comenzaron a usar el código para controlar sus productos. Particularmente, después de incidentes como el problema de EEB (Encefalopatía Espongiforme Bovina) y sus repercusiones sociales. (Denso, 2020)



Figura 2 - Código QR

La EEB es una enfermedad del sistema nervioso del ganado bovino, forma parte de un grupo de enfermedades conocidas como encefalopatías espongiformes transmisibles (EET), o enfermedades priónicas. Están caracterizadas por la acumulación en el tejido nervioso de una proteína infecciosa llamada "prion", y en su forma clásica de EEB, aparece debido al consumo de piensos contaminados. Esta enfermedad se conoce comúnmente como enfermedad de las vacas locas, y amenazaban la seguridad alimentaria. (OIE, 2020)

La industria tuvo que responder a las demandas de los consumidores de que todo el proceso de producción y logística de los alimentos que terminaron en sus mesas de comedor se hiciera completamente transparente. El Código QR se

convirtió en un medio indispensable que podía almacenar una gran cantidad de información sobre estos procesos en 1994. Fue en 2002 que el uso del código se generalizó entre el público en general en Japón. Lo que facilitó esta tendencia fue la comercialización de teléfonos móviles con una función de lectura de códigos QR. Estos teléfonos hacen posible que las personas accedan a un sitio web u obtengan un cupón simplemente escaneando un patrón extraño y llamativo. La gran comodidad ayudó a aumentar rápidamente la popularidad del código entre el público en general. Y ahora, es una herramienta indispensable para las empresas y en la vida cotidiana de las personas, utilizada en todo tipo de formas, incluso para la emisión de tarjetas de presentación y tickets electrónicos y en los sistemas de emisión de tarjetas de embarque implementados en los aeropuertos. También se han desarrollado QR con parte pública y privada, protegiendo ésta mediante encriptación. (Denso, 2020)

En el año 2000 el código QR fue aprobado por la ISO (Organización Internacional de Estandarización) como una de sus normas internacionales. En la actualidad, el uso del Código QR está tan extendido que no es exagerado decir que se usa en todo el mundo.

Los códigos son de libre uso, y para generarlos existen páginas web en las que se pueden crear en diferentes tamaños e incluso personalizarlos. Dos de éstas páginas son <https://www.qrcode-monkey.com/es> y <https://es.qr-code-generator.com>. Las aplicaciones son muy variadas: localización geográfica, acceso a información de una página web, descarga de ficheros pdf, plantillas de documentos, llamadas de teléfono o mensajes de texto.

Otro tipo de códigos son los Data Matrix, que son una simbología de matriz bidimensional que se compone de módulos nominalmente cuadrados dispuestos dentro de un patrón de buscador de perímetro. Aunque se muestran y describen principalmente en ISO / IEC 16022: 2006 como un símbolo oscuro sobre un fondo claro, los símbolos Data Matrix también se pueden imprimir para que aparezcan como claros sobre oscuros.

Esta simbología es un sistema industrial de codificación bidimensional que permite la codificación de una gran cantidad de información en un formato muy reducido, con una alta fiabilidad de lectura gracias ya que contiene información redundante y corrección de errores (admite un error de lectura de hasta un 20%-30% dañado). Además, no es necesario un alto contraste para reconocer el código. ISO 2006

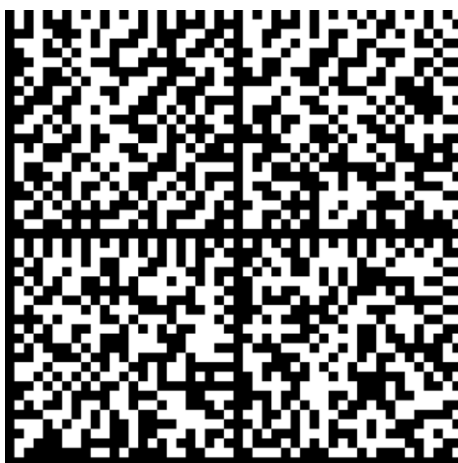


Figura 3 - Código Data Matrix

5.2.-El código QR en la enseñanza de ciencias biomédicas

Actualmente existen varias experiencias del uso de QR en la enseñanza, incluyendo las ciencias biomédicas. En el artículo de revisión realizado por (Karia et al, 2019) utilizando un análisis temático, se destaca, que los principales usos de los códigos QR en la educación sanitaria, fueron los siguientes: incremento del compromiso de los participantes, aprendizaje en el momento (just in time, JIT), simuladores, y apoyo de aprendizaje / entrenamiento. Como conclusión muestra que el uso de códigos QR para la educación sanitaria está aumentando y, aunque ofrecen algunas ventajas, también hay algunas consideraciones importantes que incluyen: la provisión de la infraestructura tecnológica necesaria, seguridad y administración del paciente y del personal, y el cumplimiento de las pautas sobre el uso seguro y apropiado de esta tecnología en entornos sensibles.

(Kubben, 2011) analiza cómo utilizar los QR en neurocirugía, y estos pueden ser usados para marcar o identificar productos y pacientes individualmente. Al informar sobre las cirugías, a desarrollar los folletos informativos, pueden contar con enlaces a páginas web que tienen demostraciones en vídeo o explicaciones. Al añadir estos enlaces con códigos QR no es necesario escribirlas para acceder a ellas, y se evita la posibilidad de errores de escritura. Utilizándolos en los ejercicios físicos postoperatorios, el fisioterapeuta puede ofrecer apoyo los primeros pocos días después de las operaciones, para conocer como continuar con los ejercicios con videos de demostración de los ejercicios y sugerencias para una buena recuperación.

Los códigos pueden ser utilizados para gamificación. (Bukowski et al,2016) utiliza la gamificación (es el uso de técnicas, elementos y dinámicas propias de los juegos y el ocio en actividades necesariamente recreativas, con el fin de potenciar la motivación y activar el aprendizaje) en el contexto clínico en la educación sanitaria. En su estudio expone que se ha mostrado esta como una gran promesa para mejorar el desempeño del personal sanitario en su rutina

diaria. El trabajo se centra en la tarea de clasificación de medicamentos, que se realiza de forma manual en los hospitales. Esta tarea es muy propensa a errores y debe realizarse a diario. Sin embargo, los errores en la medicación son cruciales y conducen a complicaciones graves. Presentan un enfoque de gamificación del mundo real para la tarea de clasificación de medicamentos en el organizador de píldoras diario de un paciente. El jugador del juego, debe clasificar la medicación correcta en las ranuras correctas del dispensador, y es recompensado o penalizado en tiempo real. Al final del juego, se otorga una puntuación, y el usuario puede registrarse en una tabla de clasificación.

Otro caso es el de (Kasey et al, 2015) que utiliza realidad aumentada y narración interactiva para una aplicación utilizada para la simulación. Los códigos QR son usados colocandolos alrededor del espacio para activar avisos, como videos, ubicaciones, diagramas o textos. Se probaron cuatro prototipos con representantes del Wisconsin Technical College System. Los resultados mostraron un uso versátil y revisiones favorables. Concluyen que la retroalimentación constructiva se utilizará para crear escenarios futuros y recomiendan realizar más investigaciones de realidad aumentada, incluido el aprendizaje de los estudiantes, la experiencia de los estudiantes y la evaluación de los profesores, así como expandir el concepto a otras disciplinas.

Respecto a los códigos Data Matrix, han sido poco utilizados en la enseñanza, y no hemos encontrado información de estudios sobre su uso en general o en ciencias biomédicas, pero si se utilizan para otros fines, como el marcaje de medicamentos. En 2019 entró en vigor la aplicación de la nueva Directiva europea 2011/62/UE por la que se estableció la creación de un código comunitario con el objeto de poder evitar la falsificación de medicamentos, en la cadena legal.

La Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios (AEMPS), publica ya en el año 2015 las condiciones y requerimientos para la utilización de códigos quick response (códigos QR) en el prospecto, cartonaje y/o etiquetado, como vía de acceso a la información de los medicamentos (AEMPS, 2015). Actualmente el Sistema Español de Verificación de Medicamentos (SEVEM) obliga a todos los que participan en el proceso de la comercialización de un medicamento, a adaptar su sistema informático a la nueva normativa de registro de datos, con la utilización de los llamados códigos Datamatrix, que sustituyen los códigos de barras y sus lectores, por códigos QR y lectores 2D, capaces de interpretar dichos códigos. A la izquierda del código (figura 4) aparecen cuatro datos: el código nacional del medicamento, un número individual de cada fármaco (cada fármaco tiene su propio DNI, caja por caja), en tercer lugar, el lote y por último la caducidad. Esta información no solo aparece en la caja, sino que está recogida dentro del código.

Por tanto, el SEVEM nos permite tener en todo momento conocimiento sobre el medicamento, fecha de distribución, oficina de farmacia que lo dispensa y verifica su autenticidad. Se puede detectar si un medicamento se ha escaneado previamente como indicio de falsificación.

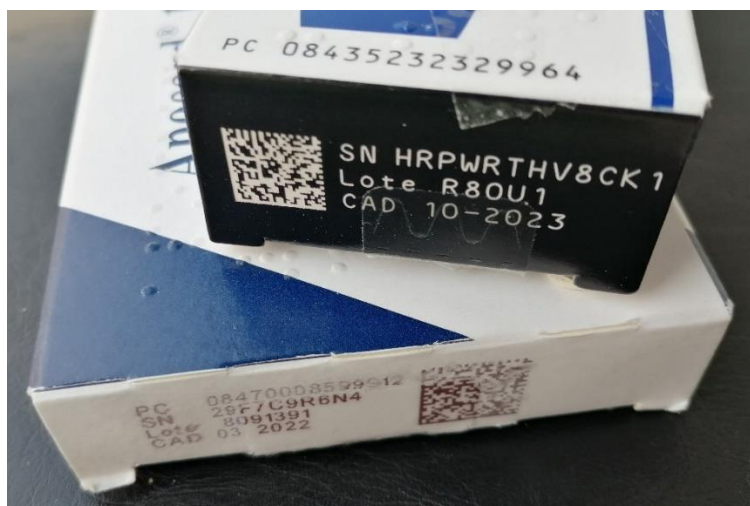


Figura 4 - Data Matrix en dos medicamentos

Otro proyecto iniciado en pruebas actualmente con códigos QR en medicamentos, es la sustitución de los prospectos por códigos QR para obtenerlos digitalizados. Una de las ventajas de tener los prospectos en el QR de la cajetilla, es que se pueden ver actualizados en tiempo real y, además, en todos los idiomas de la Unión Europea. Esto hace que sea mucho más eficaz. La gente que no pueda utilizar el QR, siempre tendrá la posibilidad de pedir que se lo impriman en la farmacia.



Figura 5 - Códigos Data Matrix en muestras de laboratorio (Web MicroPlanet Laboratorios)

En los laboratorios estos códigos son utilizados para etiquetar muestras. La seguridad que son capaces de incorporar éstos códigos los hace casi invulnerables a las agresiones y los elementos. En el campo de la investigación científica y médica, ya existen productos específicamente diseñados para laboratorios y biobancos dónde es imprescindible la máxima seguridad en la trazabilidad y gestión de las muestras. Son tubos, viales, racks, placas, etc.,

marcados con este sistema que simplifica la identificación y trazabilidad de las muestras durante el procesamiento, almacenamiento y transporte, asegurando la calidad en la codificación y en el control de calidad de los procesos.

5.3.- Material y métodos

Este estudio analiza el uso de estos códigos QR y Data Matrix en la enseñanza de ciencias biomédicas, para ello se incorporan a equipos de laboratorio, manuales de prácticas, tareas interactivas, y audioguías en un museo. Se utiliza un sistema que registra el número de accesos a los códigos, evaluación de las tareas, y cuestionarios de opinión sobre usabilidad y utilidad de las actividades realizadas.

Como materiales se proponen:

- Teléfonos móviles
- Tablets
- Cualquier otro dispositivo móvil con acceso a Internet
- Apps de escáner de códigos QR y Data Matrix
- Ordenadores portátiles y sobremesa
- Servidor Web
- Códigos QR
- Software generador de códigos QR

Como métodos se han propuesto:

- Digitalización de la documentación de un laboratorio de prácticas y/o investigación
- Creación de una actividad interactiva en el MAM (solo propuesta)
- Audioguía formativa para el MAM
- Cuestionarios

5.4.- Pruebas de códigos QR y Data Matrix

Antes de empezar a generar la documentación se decide poner a prueba los códigos QR y Data Matrix para comprobar su funcionamiento y posibilidades. Se imprimieron códigos en diferentes soportes: etiquetas, papel, cartulina y soportes de diferentes colores. Para comprobar la lectura a distancia se imprimen códigos de varios tamaños y en fondo de color claro, medio y oscuro. Para la colocación se probaron en exteriores e interiores, en sitios altos y a ras del suelo y sitios poco accesibles con lectura inclinada. También se utilizaron dos programas de lectura de códigos para ver sus diferencias: CamQR (Barcode, Datamatrix, QR) de MrEliptik, y Qr Code Reader de Scan. Las dos son aplicaciones para el sistema Android.

Durante las pruebas se comprobó que los lectores de códigos son muy eficaces, leen hasta con un alto grado de inclinación, a cierta distancia, con algo de desenfoco en la imagen, y con poca luz. También se apreciaron fallos en el funcionamiento debidos a diversos factores, y probando diferentes ubicaciones y materiales.

Los problemas encontrados con los códigos QR son los siguientes:

- El código fue impreso muy pequeño y el lector de códigos QR no puede leerlo.
- Fue colocado en una situación muy alejada como para ser escaneado.
- Se colocó en un objeto en movimiento, y la gente no puede escanearlo mientras se mueve.
- Es demasiado grande en una camiseta, y los dobleces de la tela hacen que sea imposible escanearlo.
- La iluminación, en donde se encuentra el aviso o cartel, es muy poca para que el escáner funcione.
- Se ha utilizado un sitio que no genera códigos QR con buena calidad.
- Se utiliza un escáner de QR que no lee correctamente los códigos.
- No se ha realizado correctamente la CTA (Call To Action, llamada a la acción) No está establecido qué haría el código QR por aquel que lo escaneara. (Reescribir y re-ordenar)
- El código se protegió con adhesivo plástico transparente brillante y es difícil de leer con los brillos de luminarias o la luz del sol en exteriores.
- El programa de escaneo de código no lee ese tipo de código. Hay lectores de QR que no leen los códigos Data Matrix.



Figura 6 - Código QR en mal estado

Como con cualquier tecnología, es necesaria una buena utilización para obtener los mejores resultados, y que no estén influenciados por el mal funcionamiento de la tecnología. Para el estudio se tienen en cuenta los problemas descritos para ser evitados (Figura 6).

También se comprobó que se pueden crear códigos que se ejecuten de forma automática, y lograr que el lector del Smartphone o Tablet al leerlos abra o inicie la aplicación necesaria. Por ejemplo, enviar un correo, mensaje SMS, hacer una llamada, abrir una ubicación en el mapa, etc. Para ello se incluye un código sobre la información específica seguido de “:”, por ejemplo:

- http:

Abre un navegador con la página web de google.

<https://google.com/>

- tel:

Interpreta el dato como número de teléfono

[tel: 5358463328](tel:5358463328)

- mailto:

El dato es reconocido como una dirección de mail.

<mailto:contacto@gmail.com>

- mecard:

[mecard:N:Nolon Riosverdes; TEL:5453157612; EMAIL:info@hostempresa.com; URL:http://hostempresa.com;;](mailto:info@hostempresa.com)

5.5.- Digitalización de la documentación de un laboratorio de prácticas y/o investigación

Las actividades realizadas por los alumnos, técnicos y profesores en un laboratorio deben de ser seguras. Además, el manejo correcto de los equipos de un laboratorio es necesario para una realización adecuada de las prácticas. Todo esto requiere una formación adecuada en seguridad y en el funcionamiento de los equipos. Los trabajadores a la hora de identificar, prevenir o reducir a límites aceptables los riesgos provenientes de las distintas instalaciones existentes en un laboratorio que manejan productos químicos peligrosos, instalaciones eléctricas, ventilación, gas, equipos a presión, protección contra incendios o almacenamiento de productos químicos.

Todas estas instalaciones están sometidas a algún tipo de normativa que establece prescripciones de seguridad de las propias instalaciones. Igualmente, estas normativas de seguridad industrial regulan las revisiones, mantenimiento, inspecciones, y legalización que todas estas instalaciones deben de cumplir.

Los usuarios reciben formación en seguridad la primera vez que utilizan el laboratorio, y estas normas de seguridad están disponible en uno o varios documentos. La disponibilidad de esta documentación para poder consultarla es necesaria para reducir la posibilidad de una incorrecta utilización de los laboratorios. Hasta ahora esta documentación suele estar en formato analógico, “en papel”, en algún sitio localizado del laboratorio, quizás en un cajón de la encimera o a la vista.

Otro tipo de documentación muy útil, son los manuales de instrucciones de los equipos del laboratorio, y los procedimientos resumidos para uso o calibración de los aparatos. Estos documentos se suelen entregar a los alumnos para realizar las prácticas, o están disponibles también en formato analógico para compartirlas los usuarios. Un acceso a esta documentación es muy adecuado para utilizar correctamente los equipos, realizar medidas exactas, y procedimientos de calidad.

Una experiencia cercana a nuestra propuesta es la de Downer et al. (2016). En ella realizaron un estudio piloto con estudiantes de enfermería y obstetricia, en el que los códigos QR fueron utilizados en el laboratorio de la clínica para mejorar el aprendizaje. Se colocaron códigos QR en el equipo que los estudiantes estaban aprendiendo a usar, y vinculado a unos videos que mostraban las mejores prácticas de utilización para recordarles a ellos cómo usar el equipo.

Por otra parte, con el contexto de la enfermedad COVID-19, hay que reducir al máximo los recursos compartidos físicamente entre los usuarios. Compartir documentación en hojas, folletos, o libros, implica la desinfección de los mismos cada vez que los usa un usuario. Esto provoca un riesgo y un trabajo añadido de limpieza. En este estudio se propone la digitalización de la documentación de seguridad, instrucciones y formación en los laboratorios, siendo accesible a través de un código que se captura con la cámara de un dispositivo móvil.

Los códigos son capturados y se obtiene un enlace a un almacenamiento web, donde están los documentos, en formato adecuado para su lectura, por ejemplo, en pdf. En este estudio se han contemplado dos tipos de códigos disponibles para crear los enlaces, el código QR y el Data Matrix.

Con el código QR se han realizado pruebas y se han reconocido varios problemas, como los mencionados antes. En cambio, el código Data Matrix muestra estas características que mejoran al código QR:

- Almacenan gran cantidad de datos en un espacio muy pequeño
- Permiten ser grabado mediante percusión en la superficie de piezas o aparatos
- Contienen corrección de errores y redundancia de datos, lo que permite leer un código que tenga hasta un 30% de su gráfico dañado.
- Necesita poco contraste de imagen para ser leído correctamente.

Estas características hacen que los códigos Data Matrix sean muy fiables, son adecuados para entornos en los que sea necesario que la documentación este siempre disponible. Este es nuestro caso, utilizamos éste tipo de código para enlazar a la documentación.

Existe un formato más evolucionado de los códigos QR, son los códigos iQR, con características que lo hacen más parecido a los códigos Data Matrix, pero tienen licencia al ser desarrollados por la empresa Denso Wave Incorporated, y no serán considerados en este estudio.

5.5.1- Desarrollo

Para la puesta en práctica de este sistema se pondrá a prueba en el laboratorio de prácticas de un departamento de agronomía. Se deciden los siguientes pasos para llevar a cabo la tarea:

1. Realizar un listado de:

- Documentos de normativa de seguridad
- Equipos que tienen instrucciones de funcionamiento
- Equipos con procedimiento de calibración para su uso
- Procedimientos resumidos de medida
- Guiones de prácticas

2. Convertir los documentos a formato “pdf” o “html”

Todos estos documentos deben estar accesibles en un servidor Web a través de una URL que localice el documento en Internet. Esto es posible si tenemos nuestro propio servidor Web o sino necesitamos que nos proporcionen alojamiento en uno, que puede ser institucional. Para las primeras pruebas utilizaremos un equipo propio con un servidor Web gratuito disponible en Internet.

Los documentos tienen que estar en formato fácil de leer por la mayoría de los dispositivos móviles u ordenadores. Para ello convertimos todos los documentos a formato pdf, que es uno de los más extendidos.

3. Generar los códigos Data Matrix.

Una vez colocados en la carpeta del servidor hay que crear un código con la URL al documento. Como ejemplo generamos un código Data Matrix para la URL:

https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%B3digo_QR

Utilizando el generador gratuito de códigos de la página Web:

<https://www.codigos-qr.com/generador-de-codigos-datamatrix/>

Obtenemos el código:



Figura 7 - Código Data Matrix de la página QR en Wikipedia

Ahora vamos a generar el acceso al manual de instrucciones de un ordenador HP 2540p:

URL: <http://h10032.www1.hp.com/ctg/Manual/c02433118>

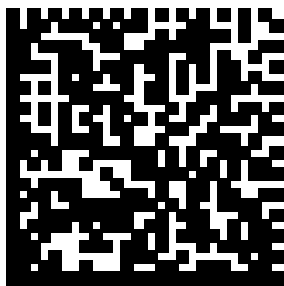


Figura 8 - QR para las instrucciones del HP 2540p

Para este último QR hemos utilizado un documento disponible en Internet, en una página de soporte técnico de la empresa Hewlett Packard.

Otro ejemplo con normativa de laboratorios:

https://www.insst.es/documents/94886/326962/ntp_432.pdf/7c638266-9fd3-43a0-9794-ffc0df696894



Figura 9- Acceso a normativa del laboratorio

4. Imprimir los códigos

Imprimir los documentos en papel mate, que evite brillos. Si utilizamos cualquier plástico adhesivo para protegerlos es recomendable que sea mate, para evitar los brillos de las luminarias que impiden leer los códigos. El mismo problema ocurre si se usan fundas o cuelga carteles brillantes.

El tamaño del código será acorde a la distancia desde la que va a ser leído el código.

En los ejemplos expuestos, los enlaces son a documentos que existen en Internet, sin necesidad de tener nuestro propio repositorio de documentos. Esto tiene el riesgo de que eliminen o cambien estas páginas dejando de estar

disponible el documento. Por esta razón es recomendable tener un sitio propio para almacenarlos.

Los códigos impresos y fijados a los equipos tienen que ser resistentes, sufrirán limpiezas y posibles deterioros.

Para poner en práctica el etiquetado de equipos de laboratorio se elige un pequeño laboratorio del departamento de agronomía veterinaria. De los equipos existentes, se eligen como apropiados para tener documentación accesible con dispositivos móviles, los siguientes:

- Un espectrofotómetro Hitachi U-2000
- Dos balanzas KERN ABT 220-4NM
- Dos balanzas AND ER-180a

Con la documentación accesible en formato PDF:

- Introducción al espectrofotómetro: que es y para que se utiliza.
- Manual y operación básica de la balanza KERN ABT 220-4NM
- Manual y calibración de la balanza AND ER-180a

Un ejemplo de la documentación es la hoja de calibración a la que se accede en la báscula ER-180a (Figura 12). También se muestra los códigos colocados en el espectrofotómetro (Figura 10) y en una de las balanzas (Figura 11).



Figura 10 - Espectrofotómetro Hitachi U-2000 con un código de acceso a información general

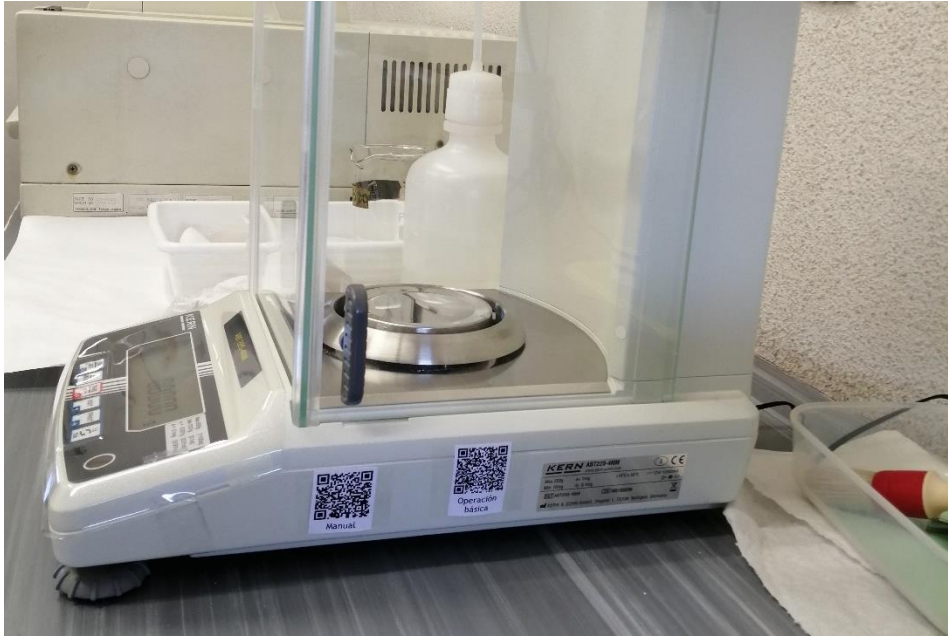


Figura 11- Balanza de precisión con códigos de acceso al manual y operación básica.

En la prueba los profesores utilizaron los códigos QR para comprobar cómo se obtiene la documentación. Una duda que exponen es porque hay dos QR en la balanza, uno para el manual y otro para la calibración, cuando la calibración está incluida en el manual. Esto es porque la calibración es usada a menudo, y un acceso directo a la página de la calibración (Figura 13), ahorra mucho tiempo comparado con buscar la calibración en el índice del manual y luego la página. Con el acceso directo se abre la página de la calibración de manera inmediata.

El mismo caso ocurre con la otra balanza, cuya calibración es automática, y en este caso tenemos un acceso directo a la operación básica, como cambiar las unidades o fijar una tara (Figura 11).



Figura 12 - Espectrofotómetro 722 del laboratorio con su código DataMatrix.

4. CALIBRATION

Calibration of the balance is required when it is initially installed, when changing the installation site and additionally whenever the location conditions change. "Weight" = Mass \times acceleration due to Earth gravity. The internationally adopted value for gravitational acceleration is 9.80665 m/s^2 in a vacuum however this varies by about $\pm 0.3\%$ depending on how far you are from the Earth's centre of mass. Mass distorts space in such a way that the gravitational power of attraction is inversely proportional to the square of the distance between material objects so gravitational acceleration is greatest at the poles, least at the equator and decreases with altitude. The sun and the moon exert inconstant forces of attraction. Air buoyancy (about $1.2 \text{ mg} \pm 10\%$ of air displaced per $\text{cm}^3 @ 20^\circ\text{C}$) and other factors also vary from location to location and from time to time.

4-1 PREPARATION

- Check that the balance is horizontal and that the weighing pan is clean.
- Connect the power cable, turn on and allow a warm-up period of at least 30 minutes.
- Try to observe as many location requirements as possible.

4-2 PROCEDURE

- With the display reading "0.0000" press the "CAL"/calibration key-switch.
- The display will now show "CAL in"/in calibration mode, for about 1 second.
- This will be followed by "CAL...". do nothing but wait.
- The next display will be "CAL dn"/calibration weight down, at this time you should gently lower the calibration weight on to the weighing mechanism via the lever located on the right hand side of the balance.
- The display will show "CAL..." again and you should wait as before.
- The next display will be "CAL up"/calibration weight up and you should gently lift the internal weight off the weighing mechanism via the same lever.
- Again the display will show "CAL..." and you should wait. After a pause the display will change to "CAL End" which will be displayed for about 1 second.
- The display will revert to "0.0000" but this time the balance will be calibrated and another standard weight placed on the weighing pan should confirm this with an exact weight display. If there is a disagreement you might like to consider factors such as dirt or condensed moisture adding to the mass of your checking weight or alternatively a slight loss of mass over time due to wear. One possibly important factor is material density of the checking weight as the less dense a material is, the more it is affected by air buoyancy. The internal calibration weight is made of non-magnetic stainless steel. Platinum-Iridium has a density of about 21.5 g/cm^3 , Brass about 8.4 g/cm^3 and Steel about 8.0 g/cm^3 (100g volume = 12.5 cm^3 displacing about 15 mg of air @ 1.2 mg/cm^3).

NOTE:

A display of "CAL no"/no calibration, indicates that there has been a failure in the calibration procedure due to some external factor. If this occurs you should turn the display off and then on again via the ON/OFF key, and start again. ER-182A is calibrated in the 180g range as the internal weight is 100g.

Figura 13- Procedimiento de calibración de la balanza AND ER-180a.

Otro ejemplo práctico realizado es la digitalización de guías rápidas de uso desarrolladas por los profesores para las prácticas. En este caso hemos escaneado una hoja que tiene la guía de uso de un espectrofotómetro analógico (Figura 12), el cual necesita una serie de ajustes antes de realizar las mediciones. Esta guía está actualmente al lado del equipo, plastificada, y la comparten los alumnos para usarlo. Esto un problema actualmente con el

COVID-19, ya que hay que desinfectar la hoja cada vez que la usa un alumno, y esto es solucionado al descargar el alumno en su móvil la hoja en formato PDF, a través del código Data Matrix colocado en el espectrofotómetro. Así ya no es necesaria la hoja plastificada (Figura 14).

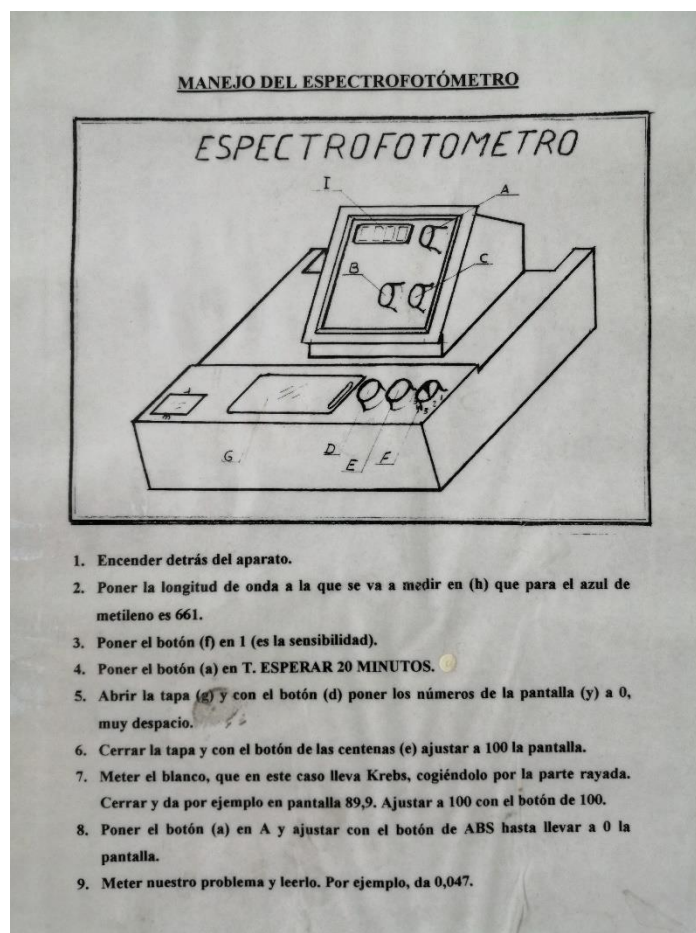


Figura 14 -Hoja plastificada sobre el manejo del espectrofotómetro que comparten los alumnos.

También debido al COVID-19, se colocaron en el campus virtual los guiones de prácticas, de manera que los alumnos se lo descargan antes de las prácticas. A esto, hemos añadido un código en el laboratorio para descargar los guiones en el comienzo de la práctica, lo que es una ventaja para los alumnos que olviden imprimir o descargar el guion del campus, y un ahorro de papel. En este caso las prácticas son demostrativas, no necesitan apuntar resultados o cualquier otro dato, pero existe la posibilidad de crear documentos PDF con campos rellenables, en el que se pueden apuntar datos y guardarlos para entregarlos al profesor.

Cuestionario

Para conocer la opinión de los alumnos, sobre la utilización de códigos QR y Data Matrix para acceder a la documentación del laboratorio, se elabora un cuestionario de opinión:

1. He utilizado códigos QR
2. Me es fácil utilizar códigos QR
3. Conozco los códigos Data Matrix
4. Es importante tener disponible las instrucciones de los equipos de laboratorio.
5. Puede ser útil poder descargar la normativa de seguridad en laboratorios.
6. Acceder a los documentos a través de códigos QR o Data Matrix los hace más accesibles
7. Hay que evitar compartir documentos en papel debido al COVID-19
8. Puede ser práctico tener códigos de descarga en los equipos para las instrucciones.
9. Tener más accesible la normativa puede mejorar la seguridad

Este cuestionario gira sobre los siguientes puntos clave:

- El conocimiento previo de estos códigos, su novedad para los participantes
- La facilidad del uso de esta tecnología
- Prevenir contagios COVID-19
- La mejora de la seguridad
- Utilidad de los códigos para todo ello

Las preguntas 1 y 2 indican si los alumnos han tenido contacto con esta tecnología y si además tienen facilidad para usarla, lo que puede afectar a su uso en el laboratorio.

La pregunta 3 es para conocer si la tecnología Data Matrix es novedosa para los alumnos

Las preguntas 4 y 8 discriminan si a los alumnos les parece importante tener las instrucciones (independientemente del medio por el que las obtienen), o si, además, les parece que es adecuado el uso de códigos para ello.

Las preguntas 5 y 9 discriminan si les parece útil descargar en sus móviles la normativa de seguridad, o si, además, les parece que puede mejorar la seguridad.

La pregunta 6 es una pregunta clave para este estudio, es conocer si los alumnos opinan, que, gracias a los códigos, los documentos son más accesibles.

Para el estudio elegimos como población cinco grupos de alumnos de 5^o curso de Ciencias Veterinarias formados de manera aleatoria. Un total de 57 alumnos que actualmente están realizando el rotatorio de prácticas, y por tanto, están pasando por los laboratorios de cada una de las asignaturas que incluyen el rotatorio. Estos alumnos se muestran muy adecuados para este estudio, porque ya tienen superados 4 cursos del grado y han realizados muchas prácticas, parte de ellas en laboratorios, por lo que pueden tener una opinión mejor formada para responder sobre mejoras en los laboratorios. De los cinco grupos involucrados responden el 100% al cuestionario. Esto elimina el sesgo de los alumnos que no contestan a un cuestionario por que no participan, desconociendo la opinión de estos.

5.5.2.- Resultados

1. He utilizado códigos QR. La mayoría de los alumnos han utilizado códigos QR (puntuación $4,60 \pm 0,68$)
2. Me es fácil utilizar códigos QR. Contestan muy positivamente a la facilidad de uso. ($4,68 \pm 0,58$)
3. Conozco los códigos Data Matrix. Ninguno afirma conocer estos códigos. ($1,42 \pm 0,77$)
4. Es importante tener disponible las instrucciones de los equipos de laboratorio. La mayoría responde que es muy importante. ($4,79 \pm 0,42$)
5. Puede ser útil poder descargar la normativa de seguridad en laboratorios. La mayoría responde ser útil. ($4,63 \pm 0,59$)
6. Acceder a los documentos a través de códigos QR o Data Matrix los hace más accesibles. ($4,73 \pm 0,56$)
7. Hay que evitar compartir documentos en papel debido al COVID-19. La opinión de los alumnos es dispar y no es muy positiva, no se muestran muy de acuerdo en dejar de compartir documentos en papel. ($3,79 \pm 1,13$)
8. Puede ser práctico tener códigos de descarga en los equipos para las instrucciones. Están muy a favor en tener códigos de descarga. ($4,73 \pm 0,45$)
9. Tener más accesible la normativa puede mejorar la seguridad. Consideran muy positivamente que mejora la seguridad. ($4,68 \pm 0,58$)

Analizando los datos vemos que existe correlación entre las preguntas C3, C4, C5, C8 y C9 (Tabla 3). La pregunta C3 no la vamos a tener en cuenta, ya que todos los que contestaron al cuestionario, afirmaron no conocer los códigos DataMatrix. Para las demás cuestiones, los resultados muestran que es importante tener disponible las instrucciones de los equipos de laboratorio, descargar la normativa de seguridad, tener códigos de descarga en los equipos para las instrucciones, y que tener más accesible la normativa, puede mejorar la seguridad. Esto nos indica que tener códigos en el laboratorio para acceder a documentación es muy positivo para los alumnos.

			C3	C4	C5	C8	C9
Tau_b de Kendall	C3	Coeficiente de correlación	1,000	,296*	,378**	,343**	,333**
		Sig. (bilateral)	.	,022	,003	,008	,009
		N	57	57	57	57	57
	C4	Coeficiente de correlación	,296*	1,000	,510**	,278*	,315*
		Sig. (bilateral)	,022	.	,000	,038	,016
		N	57	57	57	57	57
	C5	Coeficiente de correlación	,378**	,510**	1,000	,315*	,766**
		Sig. (bilateral)	,003	,000	.	,016	,000
		N	57	57	57	57	57
	C8	Coeficiente de correlación	,343**	,278*	,315*	1,000	,472**
		Sig. (bilateral)	,008	,038	,016	.	,000
		N	57	57	57	57	57
	C9	Coeficiente de correlación	,333**	,315*	,766**	,472**	1,000
		Sig. (bilateral)	,009	,016	,000	,000	.
		N	57	57	57	57	57

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

**.. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Tabla 3 - Correlación

Todos los alumnos afirmaron desconocer los códigos DataMatrix, lo cual es razonable, ya que se utilizan mayormente en la industria, y aunque los vemos todos en las

medicinas que compramos en las farmacias, no nos damos cuenta de que el código está ahí (Figura 4).

5.6.- Audioguía para el MAM

En este apartado se propone la creación de un sistema de audioguía formativa para el museo MAM. La idea es que determinadas piezas del museo tengan códigos QR para recibir información de la pieza en forma de texto, imagen, sonido o incluso video.

Introducción al museo

El Museo de Antropología Médica, Forense, Paleopatología y Criminalística Profesor Reverte Coma es uno de los más llamativos de la Universidad Complutense de Madrid.

La historia de este museo universitario, se inicia con la creación en el año 1980 del Laboratorio de Antropología Forense, en la Escuela de Medicina Legal de la Facultad de Medicina de la UCM. Su fundador fue el Dr. José Manuel Reverte Coma, quien pensó crear un museo donde albergar todos los objetos del laboratorio y mostrarlos a todos aquellos interesados en diferentes disciplinas como la Medicina Legal, la Antropología, Paleopatología o Criminalística.

Esta colección está orientada a la investigación y a la docencia, así como a la difusión de sus fondos a investigadores, estudiantes y público en general. Su exposición permanente pretende explicar el significado, las fuentes, el método y los objetivos de la ciencia antropológica, tanto forense como cultural. Reúne 1500 piezas aproximadamente y una colección de unos 800 cráneos. De estos fondos se encuentran expuestos en el museo los más representativos de la colección, organizándose de la siguiente manera:

- Sala 1:

Se divide en cuatro secciones: Historia de la Investigación, Odontología, Criminalística y Antropología Forense que relatan los inicios de la investigación antropológica en España y se muestran las aplicaciones de esta disciplina a la Medicina Forense y Criminalística.

- Sala 2:

Contiene una única sección dedicada a la Antropología Evolutiva con una importante colección de reproducciones paleontológicas que ilustran los grandes hitos de la evolución humana.

- Sala 3:

Dividida en tres secciones: Paleopatología, Antropología Cultural y Etnomedicina. En la primera se reúnen restos óseos antiguos con interesantes patologías. En la segunda se presentan algunos ejemplos de la modificación con carácter ritual del cuerpo humano en diferentes épocas y áreas geográficas; y en la tercera se dan a conocer ciertos remedios naturales, otros mágicos y también medicamentos de origen industrial utilizados para luchar contra la enfermedad.

- Sala 4:

Dedicada a las momificaciones históricas, reúne un excepcional conjunto de momias egipcias y andinas, testimonio de un fenómeno tan humano como universal: el intento de alcanzar la eternidad por medio de la conservación del cuerpo tras la muerte.

5.6.1.- Desarrollo

El desarrollo de la audioguía requiere de los siguientes pasos:

1. Localizar posibles objetos para incluir en la audioguía
2. Realizar fotografías de los objetos
3. Escribir los textos
4. Grabar o crear los archivos de audio de cada texto
5. Diseñar una portada para presentar antes de escuchar
6. Crear videos con la foto y su audio
7. Colocar en un sitio web los archivos de video y portada
8. Crear los códigos QR

En este caso vamos a utilizar códigos QR, ya que su uso está muy extendido y el uso de la audioguía está pensado para el público en general. Vamos a describir los pasos con detalle a continuación.

1. Localizar posibles objetos para incluir en la audioguía

Incluso aunque un museo sea muy pequeño, no va a ser posible ni deseable aportar explicaciones sobre todas las piezas expuestas. Antes de empezar a escribir los textos es conveniente plantear qué objetos van a tener una explicación hablada. No conviene que la audioguía sea excesivamente extensa ni que su volumen de información abrume a los visitantes. Todas las piezas son maravillosas y hacer una selección es muy difícil. Pero la elección es una manera indirecta de guiar al visitante sobre las obras a las que nos gustaría que prestara

una atención especial. Hay varios criterios que pueden ser útiles a la hora de decidir si la pieza:

- Tiene enorme valor histórico o artístico, que no sería concebible dejar fuera.
- Su función o importancia no se comprendería sin una explicación.
- Es quizá poco valiosa, pero con una historia detrás que la vuelve significativa.
- Es poco valiosa, pero que llama mucho la atención del público.

Es conveniente tener en cuenta que lo habitual es que se preste mucha más atención a las obras que se encuentran al principio del recorrido, cuando el visitante todavía está rebotante de energía y de interés. A medida que avance las fuerzas empezarán a flaquearle y disminuirá su deseo de estar de pie frente a un objeto escuchando la explicación. Así que si te excedes en el número de piezas presentes en la audioguía corres el riesgo de saturar a tu audiencia. También es interesante que las voces escuchadas sean interesantes, como expertos en las piezas, personas implicadas en el museo, lo que le da un valor añadido a la escucha de la audioguía.

2. Realizar fotografías de los objetos

Las fotografías son mostradas durante la escucha del audio para que se identifique con facilidad la pieza. Es conveniente pedir permiso antes de realizar las fotografías al responsable del museo. También es posible incorporar vídeos.

3. Escribir los textos

Los textos tienen que ser cortos, sencillos y aportar algo al contexto de la pieza. Hay que marcar bien los tiempos de lectura con puntuación, y evitar hablar con frases en pasiva, que dificultan la comprensión de texto escuchado. Además, decidimos mostrar el texto también en el dispositivo móvil, en fondo negro y texto en blanco con un tipo de letra grande, para que pueda ser leído fácilmente por personas sordas, y puedan usarlo como un "Texto-guía". También existen recomendaciones sobre la utilización de un video con lenguaje de signos, para personas sordas con discapacidad para leer, y que si pueden entender el lenguaje de signos. No tenemos medios para realizar este tipo de audioguías.

4. Grabar o crear los archivos de audio de cada texto

Para la grabación es recomendable usar un micrófono de sobremesa y escuchar lo grabado con auriculares para detectar los fallos en la grabación. Para grabar utilizamos el software gratuito Audacity (www.audacityteam.org), el cual permite editar los audios e incluir efectos de sonido.

También es posible usar sintetizadores de voz para crear los audios a partir de texto escrito en un documento. En nuestro caso utilizamos la función “Leer en voz alta” integrada en el navegador Edge y la suite Office de Microsoft, y podemos utilizarla descargando el navegador desde la página web de Microsoft.

Para crear la página web de cada una de las audioguías utilizar la plantilla existente en el anexo 4 y ver el ejemplo. La plantilla es un archivo escrito en lenguaje Html, y se cambian los textos en azul por los creados por nosotros: párrafos del texto, nombre del archivo de video, y el nombre del archivo con la imagen de la carátula que hemos creado.

En nuestro espacio web hay que colocar los archivos necesarios juntos, en la misma carpeta: audioguia.html, video.mp4, y caratula.jpg. Si vamos a usar la misma caratula para todas las audioguías solo necesitamos poner un archivo “jpg” para todas. Aquí hemos puesto nombres de archivo de ejemplo, cada audioguía tiene que tener nombre de archivo diferente. Por ejemplo: audioguia01.html, audioguia02.html... video01.mp4, video02.mp4..., etc.

Los códigos QR serán generados como en el capítulo anterior, referenciando el QR al archivo “html” de la audioguía: “audioguia01.html”

Desarrollo de las audioguías

Para el desarrollo de la audioguía seguimos los pasos descritos anteriormente. Antes de localizar los objetos se decide crear una introducción al museo, que puede estar localizada en la entrada del MAM, de manera que pueda ser utilizada sin entrar, para que se pueda conocer el contenido del museo y su propósito sin tener que acceder. También puede ser colocada en la página web o cualquier otro sitio que dé a conocer el museo.

El texto de esta primera audioguía es el de la introducción del apartado anterior, al que le sumamos una llamada a la curiosidad del posible visitante:

“Aquellos interesados en la vida carcelaria o en momias, aquellos amantes de Sherlock Holmes, aquellos criminólogos o detectives, ¿a qué esperáis para pasaros por este museo?”

Como audioguías a realizar se decide hacer una por cada vitrina expuesta y algunas sobre piezas que destacan por su interés.

Las vitrinas que forman el museo:

SALA 1

HISTORIA DE LA INVESTIGACIÓN

- La Escuela de Medicina Legal de Madrid
- Una antigua teoría
- La Antropometría
- Odontología forense
- Criminalística
- Antropología médica y forense (4 vitrinas)
- Las trepanaciones craneanas

SALA 2

ANTROPOLOGÍA EVOLUTIVA

- La evolución del linaje humano
- El registro fósil del linaje humano
- El orden Primates
- El Hombre de Piltdown: historia de un fraude

SALA 3

PALEOPATOLOGÍA, ANTROPOLOGÍA CULTURAL Y ETNOMEDICINA

Paleopatología

- Fracturas
- Deformaciones
- Enfermedades infecciosas
- ¿Cuál es tu diagnóstico?

Antropología cultural

- Magia, Religión y Medicina
- El cuerpo como medio de expresión cultural

Etnomedicina

- Soluciones a enfermedades, tanto farmacológicas como mágicas
- Botamen "Merck"
- Animales ponzoñosos

SALA 4

MOMIFICACIONES HISTÓRICAS

- Momias egipcias
- Momias andinas
- La conservación preventiva y el estudio de las momias
- Momias guanches

Para las fotografías utilizamos fotografías que nos aporta el museo y se realizan algunas de las vitrinas. Las fotos son una visión en general del museo. La grabación del audio se realiza con la herramienta de lectura del navegador Edge, y el programa de edición de sonido Audacity.

Audioguía Cráneo 254

Para ver el resultado, de los objetos destacados incluidos en la audioguía, se muestra aquí uno de ellos

Primero se redactó el texto explicativo del objeto:

“La mutilación o decoración dental, es una práctica ampliamente estudiada en poblaciones primitivas y actuales. Aunque, por su frecuencia, son más conocidas las mutilaciones dentarias en Mesoamérica y el África sub-Sahariana. Hay constancia histórica de mutilaciones dentales a lo largo de todo el mundo.

Los investigadores han dado diversas explicaciones, al hecho de las modificaciones intencionales de los dientes como: ornamentación, identificadores tribales, indicadores de estatus social, ritos iniciáticos, o explicación de la cosmovisión de las poblaciones pasadas y presentes.

El cráneo 254 del Museo de Antropología Forense Paleopatología y Criminalística, de la Universidad Complutense de Madrid, presenta una mutilación dentaria, con finalidad ritual, en los dos incisivos centrales superiores.

Es un cráneo procedente de Madurari, India, traído por las expediciones científicas al Pacífico durante el siglo XIX, aunque probablemente sea mucho más antiguo. Se trata de un hombre joven, de unos 20-25 años en el momento de su muerte, por lo tanto, las mutilaciones dentarias debieron hacerse en edad temprana. Posiblemente su finalidad tuvo que ver con el rol social del individuo.

Las mutilaciones dentales procedentes de la India, son extraordinariamente raras. De hecho, solo hay descrito otros dos casos en la bibliografía científica. Las mutilaciones dentarias presentes en el cráneo 254, no pueden ser englobadas en ninguna de las clasificaciones tipológicas existentes hasta el momento.

Presenta una mutilación combinada, consistente en un afilado dental de los márgenes mesial y distal del borde incisal, y un tallado de surcos convergentes en patrón triangular, y un pulido de la superficie romboidal, obtenida con estas dos técnicas.

Por lo general, la fractura del diente, se realizaba aplicando sobre el mismo un objeto cortante, al que se golpeaba con un objeto a modo de martillo. Para tallar o producir fracturas pequeñas en el diente, se utilizaban también trozos de piedra afilados, a modo de cincel. El limado o pulido del diente se efectuaba con piedras o polvos abrasivos.

Las modificaciones dentales se asocian con frecuencia a fenómenos de retracción pulpar, y patologías como abscesos periapicales. Las radiografías realizadas al cráneo 254, muestran una imagen radiolúcida en el ápice del incisivo lateral superior izquierdo, lo que parece indicar un proceso agudo que no llegó a cronificarse, compatible con un absceso o un granuloma periapical, debido con toda probabilidad a la necrosis pulpar del diente.

Debemos considerar, la potencial gravedad de las infecciones de origen pulpar en la era pre-antibiótica. ¿Fue la mutilación dental la causa de la muerte de este individuo?

El cráneo 254 constituye una pieza única entre las mutilaciones dentales, debido a la rareza de la casuística de estas alteraciones intencionales en la India, así como a que el patrón de transformación no puede ser tipificado por ninguna de las clasificaciones existentes en la literatura.”

Se obtuvieron las imágenes a presentar en este orden, que es apropiado al texto:



Figura 15 - Imagen de catálogo



Figura 16 - Presentación en el museo



Figura 17 - Radiografía del cráneo



Figura 18 - Detalle de los dientes

Para la presentación en la audioguía se genera un video con el audio obtenido a partir del texto. Se crea también con un programa de dibujo, una caratula del museo que es común para todos los vídeos de las audioguías.

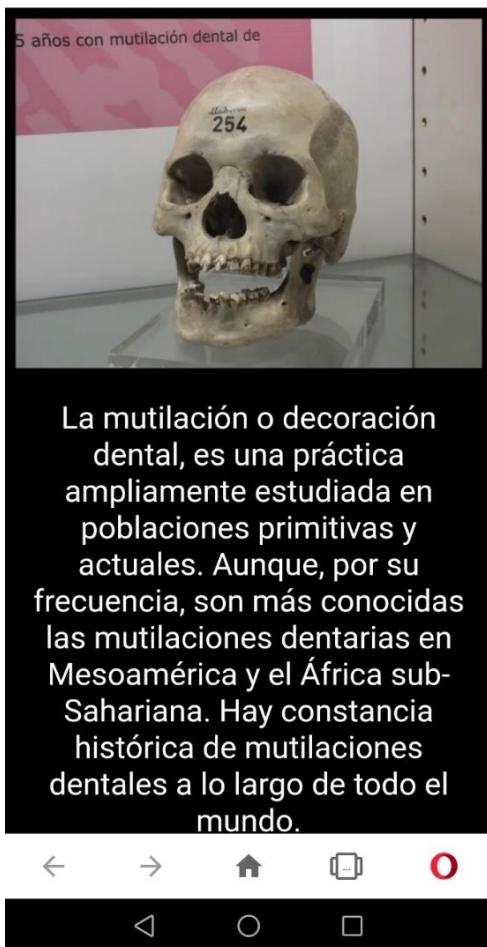


Figura 19 - Vista de la audioguía del Cráneo 254 inicialmente y reproduciéndose.

Los QR serán enlaces a páginas Web con la información. Se puede visualizar el resultado final a través del siguiente código QR:

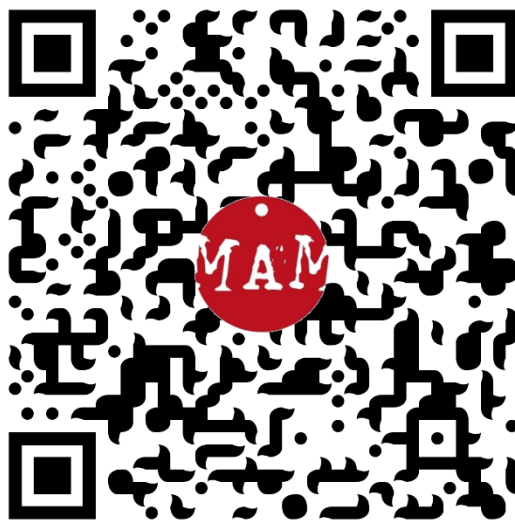


Figura 20 - Acceso a audioguía Cráneo 254

Cuestionario sobre las audioguías

Para conocer la opinión de los profesores, que están relacionados con el museo, se crea un cuestionario:

- C 1. Conozco los códigos QR
- C 2. Utilizo un dispositivo móvil (como el teléfono) para leer códigos QR a menudo.
- C 3. El museo MAM es una herramienta importante para la formación.
- C 4. He podido ver la audioguía de ejemplo y me parece útil para la formación.
- C 5. Creo que utilizar nuevas tecnologías en la enseñanza es útil.
- C 6. Es fácil para mi usar nuevas tecnologías.

Con la pregunta 1 y 2 vemos si los encuestados conocen la tecnología que utilizamos y si, además, la usan con sus teléfonos móviles.

Con las preguntas 3 y 4 conocemos si el museo se considera útil para la formación y, además, utilizando la audioguía.

Las respuestas a la pregunta 5, nos muestran la aceptación de las nuevas tecnologías como útiles para la enseñanza, y puede estar relacionada con la 6, que responden sobre la facilidad para usarlas.

5.6.2.- Resultados

El número de profesores es de 10, no suficiente para hacer una estadística más ambiciosa. Presentamos una estadística descriptiva, para conocer la opinión de los profesores sobre el trabajo realizado, ya que no se ha podido encuestar a los alumnos. Los resultados de las preguntas del cuestionario:

C 1. Conozco los códigos QR. La mayoría de los profesores (90%) contesto conocer los códigos QR. (4,60 ± 0,68)

C 2. Utilizo un dispositivo móvil (como el teléfono) para leer códigos QR a menudo. Solo un profesor contesto no usarlo a menudo. (4,40 ± 0,97).

C 3. El museo MAM es una herramienta importante para la formación. Estuvieron de acuerdo o muy de acuerdo en es una herramienta importante para la formación (4,70 ± 0,48).

C 4. He podido ver la audioguía de ejemplo y me parece útil para la formación. Los encuestados responden positivamente. (4,70 ± 0,48)

C 5. Creo que utilizar nuevas tecnologías en la enseñanza es útil. La mayoría de los encuestados estuvieron muy de acuerdo en que el uso de nuevas tecnologías es útil (4,90 ± 0,32)

C 6. Es fácil para mi usar nuevas tecnologías. El 90% de los profesores responde que tiene cierta o mucha facilidad para el uso de nuevas tecnologías. (4,70 ± 0,68).

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
C1	10	3	5	4,70	,675
C2	10	2	5	4,40	,966
C3	10	4	5	4,70	,483
C4	10	4	5	4,70	,483
C5	10	4	5	4,90	,316
C6	10	3	5	4,70	,675
N válido (por lista)	10				

5.7.- Propuesta de actividades interactivas usando QR

Se propone aquí una sugerencia del uso de los códigos QR, la creación de actividades interactivas realizadas por los alumnos de manera individual, que pueden ser una buena estrategia para realizar prácticas en el entorno de la enfermedad COVID-19. No hemos puesto en práctica esta actividad, pero es interesante comentarla aquí.

Responder a preguntas sobre el temario del curso, a partir de observaciones de piezas del museo, puede ser una actividad práctica.

La realización de una actividad interactiva es para que los alumnos hagan una actividad en el museo, individualmente, sin horario, y utilizando sus dispositivos móviles con códigos QR situados dentro. La actividad consta de varias preguntas, y a cada una se accede a través de un código QR. El alumno capta el código, se muestra una pregunta sobre uno de los objetos de la vitrina, y varias respuestas a elegir. Para contestar debe observar la pieza y decidir la respuesta, para luego obtener un feedback.

Se genera la siguiente documentación como “How-to” de la actividad:

1. Folleto de la actividad. Para presentar ésta y como guía para la actividad, se propone la creación de un folleto (Anexo 1).
2. Plantilla informe de la actividad. También se crea una plantilla para ayudar al profesor a crear las preguntas con sus respuestas y feedback de la actividad (Anexo 2).
3. Ayuda guía de creación (Anexo 3).

Guía de la actividad

Planteamiento

Para esta actividad se eligen objetos, entornos, sitios, para los que pedirá a los alumnos que realicen una tarea. Para realizarla, los alumnos tendrán una guía de la actividad, en la cual se describe el tipo, las recomendaciones, horario, y donde están los objetos, entornos o sitios. En cada uno de estos, se colocará un código QR impreso para que puedan leerlo con sus dispositivos móviles, el cual les llevará a una página Web creada por nosotros.

Las tareas siempre consistirán en la observación, distinción de singularidades, reconocimiento de elementos, o cualquier otra opción que implique a los alumnos, en un desafío para conseguir un objetivo, interactuando con preguntas, que aportarán un “feedback”, y convirtiendo la actividad en un valor añadido para su aprendizaje.

Toda la información disponible a través del código QR estará en forma de páginas Web, enlazadas entre ellas en estructura de árbol. La primera página

que ven es la principal, la que muestra la información de la tarea. Las que están por debajo contienen las preguntas y respuestas que se quieren dar.

Para que la actividad sea realizada se crearán:

- Un código QR por cada pregunta
- Páginas Web para cada código QR, para preguntas (anexo 4) y respuestas si las tiene.
- Guía folleto de la actividad interactiva para entregarlo a los alumnos.

Para poder crear estos elementos se necesitan los datos de cada pregunta: textos, fotos, audios o vídeos a mostrar cuando los alumnos escanean los códigos o respondan a preguntas.

Realización

Al crear las páginas Web de la tarea, hay que tener preparados los siguientes datos: objeto, presentación (introducción), observación, preguntas y respuestas. Estas se pueden preparar en un documento, que puede ser en formato Word organizado como se quiera, o también se puede utilizar la plantilla propuesta.

Las fotos, videos y audios se pueden “incrustar” en este documento para luego extraerlos al realizar las páginas web. También se pueden almacenar en un contenedor “Zip” o “rar” (archivo comprimido) junto con este documento.

Ejemplo con plantilla

1.- Pieza, objeto o escena: Cráneo 116

Introducción:

En la identificación craneofacial existen tres grupos principales: caucásico, mongoloide y negroide. Más datos introductorios....

Tarea a realizar:

Identificar a qué tipo de grupo pertenece el cráneo 116. Habrá tres respuestas:

- 1- *Caucásico*
- 2- *Mongoloide*
- 3- *Negroide*

Preguntas sobre lo observado:

Para cualquiera de las tres respuestas se preguntará cuál de los siguientes rasgos se ha observado:

1. *Apenas presenta prognatismo (o extensión de la mandíbula inferior) y existe una relativamente escasa proyección de la cresta alveolar, la parte ósea que contiene los dientes. Las caras son normalmente más pequeñas, con una cavidad nasal en forma de lágrima y unos huesos nasales en forma de torre. El paladar es triangular y el cráneo tiene unas cavidades orbitarias ligeramente inclinadas hacia abajo. Tanto la frente como el cráneo son prominentes.*
2. *Presenta una pequeña o nula extensión tanto de la mandíbula como de la parte baja de la cavidad nasal, que posee una forma oval. Los huesos nasales tienen forma de carpa. Las órbitas de los ojos son redondas y sin caída. El cráneo es redondeado.*
3. *Tiene una cavidad nasal amplia y redonda. La parte baja de ésta no es nada prominente. Hay una proyección facial notable en la zona de mandíbula y boca. Las órbitas de los ojos tienen forma cuadrada o rectangular. El cráneo es dolicocefálico, es decir, proporcionalmente más largo de delante hacia atrás.*

Feedback:

Mostrará la respuesta correcta (Caucásico) y los rasgos de este grupo.

Siguiendo las instrucciones de los anexos se configura todo lo necesario para hacer funcionar la actividad. El anexo 1 muestra un ejemplo de folleto entregado a los alumnos con las instrucciones para realizar la actividad. En el anexo 2 están las plantillas e instrucciones para los profesores. En otro anexo (pendiente de realización) están las plantillas de las páginas web necesarias para crear las actividades.

Una vez creadas las actividades de colocaran en un sitio web y se crearan los códigos QR como en las experiencias anteriores.

6.- Sistema de respuesta en el aula (CRS)

Los sistemas de respuesta en el aula o CRS (Classroom Response System), son utilizados en las clases para obtener feedback de los alumnos, evaluar sus conocimientos iniciales o la evaluación continua, en las clases presenciales. Existen varios tipos de sistemas tanto gratuitos como propietarios, pero hemos decidido usar un software propio para hacer las pruebas, al que se le ha llamado VirtualCRS. Para conocer la percepción de los estudiantes sobre el CRS se utilizó el cuestionario CRiSP validado para conocer la percepción de los estudiantes sobre un CRS cualquiera. Los resultados fueron positivos sobre la usabilidad, compromiso y aprendizaje con el CRS.

6.1.- Introducción a los CRS

Los sistemas de respuesta en el aula o CRS (Classroom Response System), son dispositivos de mano que se comunican de manera inalámbrica, e inicialmente se asemejan a mandos a distancia de televisión, aunque ahora están muy extendido el uso de sistemas Web, que utilizan dispositivos móviles, como teléfonos, Smartphone, Pdas, Tablets u ordenadores portátiles. Estos dispositivos son cada vez más comunes en las aulas de las universidades, sobre todo los Smartphone.

En el uso de estos dispositivos se pueden utilizar diferentes estrategias pedagógicas, (Fies & Marshall, 2006). Una experiencia de (Motiwalla, 2007) con el uso de dispositivos móviles, muestra que la mayoría de las pedagogías de aprendizaje a partir del aprendizaje constructivo y las teorías de la conversación, se pueden adaptar para un entorno de aprendizaje móvil. La clave es entender las fortalezas y debilidades de una tecnología en particular, al tiempo que se implementan buenas prácticas pedagógicas, para lograr objetivos específicos de aprendizaje. Algunas de las estrategias son: formar grupos y competir en las respuestas, evaluación de los conocimientos previos para poder adaptar la clase a los alumnos, evaluación de los conocimientos adquiridos o evaluación continua, y formas diferentes de participación en las aulas.

A diferencia de los ordenadores, con las tabletas el aprendizaje sale fuera de las aulas, y puede producirse en cualquier parte y en cualquier momento, lo que se define como ubicuidad. Un tipo de aprendizaje que se aprovecha de esta circunstancia es el aprendizaje por proyectos, que se enfoca en un problema que hay que solucionar o en una tarea que se debe realizar más allá del aula. La idea fundamental es la solución de problemas o la realización de tareas, que se construyen sobre el trabajo realizado anteriormente, por el alumno u otras fuentes.

El uso de un sistema CRS durante las clases presenciales puede aportar ventajas, como los estudiantes que participan poco en clase y pueden afectarles aspectos que influyen negativamente en su participación. Esta situación se puede deber a la inseguridad en sí mismos y problemas de autoestima. El alumno puede no consultar las dudas durante la clase, o no participar activamente en las actividades que propone el profesor, como responder a preguntas durante la clase. Por ejemplo, un CRS puede obtener respuestas de los alumnos de modo anónimo, lo que puede hacer aumentar la participación de estos alumnos. El proceso de Bolonia condujo a la creación del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), y cambia el planteamiento de las clases presenciales, la actividad de grupo emergente altamente centrada en el alumno, en la que los alumnos individuales se convierten en contribuyentes a un comportamiento grupal general, que luego se convierte en objeto de análisis. (Fies & Marshall, 2006)

Dispositivos

Existen muchos dispositivos CRS comerciales y gratuitos. Algunos ejemplos son Educlick, Powervote, ACTIVote, Turning Point u OptiVote (Figura 21) y varios de ellos se describen en Wilson, M. (2006). El hardware más común son mandos con botones alfanuméricos, similares a un mando a distancia de un televisor, los cuales se comunican con una estación base mediante infrarrojos o por ondas de radio. A este tipo de mandos de respuesta se les conoce como clickers (los cuales parecen estar en desuso a favor de nuevos sistemas web), y necesitan un software para realizar las preguntas y obtener las respuestas. Los CRS que se pueden utilizar en dispositivos móviles usan un programa que se instala en el dispositivo y funciona como un mando de respuesta. Un ejemplo es i-clicker, a la derecha en figura 21.



Figura 21 - Algunos CRSs comerciales (Educlick, Power Vote, Activote e i-clicker)

Los sistemas más primitivos tenían dispositivos móviles como Pdas, o teléfonos móviles sencillos, sin pantalla táctil y con teclado alfanumérico. Eran los primeros modelos con conexión a Internet y un navegador muy sencillo, como en el

estudio realizado por Markett et al. (2006) que utiliza mensajes SMS (Servicio de Mensajes Cortos con teléfonos móviles), o el de Bär et al. (2005), en la que crean un prototipo llamado TVRemote, desarrollado en Java, y se instala en los teléfonos móviles para enviar las respuestas. Para ello utilizan como formas de conexión la red de telefonía móvil Global System for Mobile communications (GSM) y Bluetooth (sistema de comunicación entre distintos dispositivos cercanos), lo que suponía un avance al ser gratuito su uso, aunque implicaba tener un receptor Bluetooth en el aula. Posteriormente, Motiwalla (2007) desarrollo un CRS que utiliza los primeros teléfonos móviles con Internet, como el antiguo Nokia 7110, que tienen tecnología WAP (Wireless Application Protocol), que es un conjunto de protocolos de comunicaciones que se pueden utilizar para acceder al correo electrónico, Internet, grupo de noticias y otros.

Existe actualmente una versión interesante de estos sistemas, que no utiliza dispositivos móviles o mandos para que los alumnos respondan a las preguntas del profesor. Los alumnos tienen unas cartulinas con un código impreso parecido a un código QR, pero más sencillo (Figura 22). Para responder, los alumnos sujetan esta cartulina en alto con el código mirando hacia el profesor, y él utiliza su teléfono o tableta para leer las respuestas con la cámara. Los alumnos pueden elegir entre cuatro respuestas diferentes, para seleccionar sujetan la cartulina por el lado de la respuesta que quieren hacer. Una app en el dispositivo del profesor reconoce la orientación del código y registra la respuesta a través de su cámara.

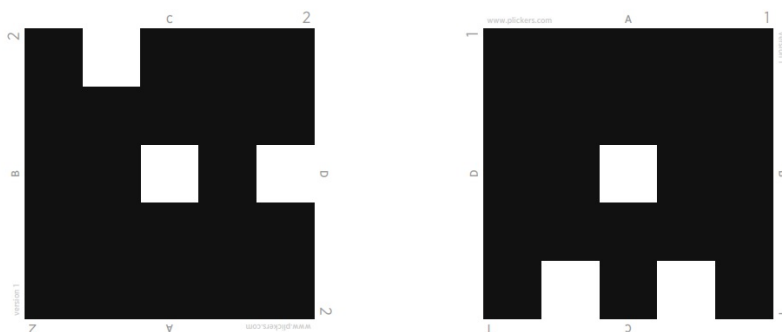


Figura 22 – Cartulinas de respuesta del sistema Plickers

Este sistema comercial se llama Plickers, y tiene también cosas en común con la tecnología de códigos QR y Data Matrix, ya que utilizan un código similar creado por ellos, que es leído por la cámara del dispositivo móvil del profesor.

Otro sistema comercial que es bastante utilizado es Kahoot, un sistema de respuesta que utiliza dispositivos móviles u ordenadores como mandos para responder, de la misma manera que nuestro sistema. Otros sistemas utilizan app para móviles con un funcionamiento similar, como TurningPoint.

El uso pedagógico de estos sistemas sin clickers, es similar a la de los clickers (Jain, 2012), es decir, realizan una evaluación formativa, que es una actividad sistemática y continua; realizan la evaluación por pares, construcción de la comunidad, y la iniciación de discusión. (Scriven, 1967). En particular, en una experiencia previa desarrollada por nosotros (Mourín et al. 2015) se utilizaron algunos sistemas CRS muy comunes en clases presenciales en universidades, y se observó su funcionamiento, características, configuración e instalación. A partir de esto se apreciaron ventajas y desventajas de su utilización y algunos problemas que incluso impedían su uso a los profesores. Estos problemas pueden reducirse a un mínimo, simplificando el hardware y software utilizado para el voto electrónico, por medio del uso de recursos existentes: redes Wifi o LAN, y las tecnologías móviles existentes en la universidad y por tanto reducir el coste de estos sistemas a prácticamente cero y aumentar la usabilidad de los mismos al no tener que perder el tiempo con su configuración o reparto de los mismos cada día.

Existen diferentes estudios como el desarrollado por Ruimin et al. (2008), que utilizan móviles como dispositivos de respuesta en un entorno mobile-learning y blended-Learning, en el que llegan a la conclusión de que el uso de estos dispositivos puede facilitar la participación en aulas con un número elevado de alumnos, o en el estudio realizado por Draper y Brown (2004), que a través de cuestionarios realizados a los alumnos se muestra que el uso de un CRS es útil y beneficioso para las clases. Los estudios previos realizados solamente obtienen sus resultados de manera cualitativa, a través de cuestionarios.

También hay varios enfoques en la utilización de CRSs en clases presenciales. Con respecto al número de alumnos, en pequeñas aulas, el profesor y los estudiantes pueden fácilmente interactuar y comunicarse. En cambio, donde son necesarias grandes aulas debido a un número grande de estudiantes, estas pueden ser lugares intimidatorios e impersonales, donde las interacciones entre instructores y estudiantes son limitadas y breves. El flujo de la comunicación tiende a ser de un solo sentido, no existe interactividad, como se observa en la experiencia de Malekigorji (2020). La presencia de interactividad en el aula proporciona beneficios en la promoción de más entornos de aprendizaje, construyendo comunidades de aprendizaje, proporcionando más información a los instructores, y también contribuye a la motivación de los estudiantes.

CRS en ciencias biomédicas

El uso de los CRS en la enseñanza de ciencias biomédicas comienza a estar más extendido. La experiencia de Malekigorji (2020) con alumnos de Ciencias farmacéuticas / Biotecnología, muestra que un CRS permitió a los estudiantes usar sus dispositivos inteligentes (por ejemplo, teléfonos, tabletas y computadoras portátiles) para responder a una variedad de preguntas numéricas, de opción múltiple, de respuesta corta y abiertas planteadas durante las clases en vivo y los alentó a participar en las actividades del aula. Proporcionaron un modelo de enseñanza y aprendizaje súper combinado, mediante la hibridación del sistema de respuesta en el aula (CRS) con el aula invertida (FC) y el aprendizaje basado en equipo (TBL). El software utilizado es TurningPoint, una app para dispositivos móviles. El resultado es que este sistema permitió a los educadores monitorear la participación de los estudiantes durante todo el año, facilitó la evaluación formativa y ayudó a los maestros a crear una predicción cruda del desempeño de la clase en las evaluaciones acumulativas.

Otra experiencia es la de Sheng (2019), evalúa las percepciones de los estudiantes de enfermería de pregrado sobre la usabilidad, el compromiso y el aprendizaje asociados con el software Top Hat CRS. Este estudio descriptivo utilizó una encuesta transversal de estudiantes de licenciatura en Ciencias de la Enfermería. Se utilizaron estadísticas descriptivas para evaluar las percepciones de los estudiantes sobre la usabilidad, el compromiso y el aprendizaje, medidas mediante el cuestionario de Percepciones del Sistema de Respuesta en el Aula (CRiSP). Los estudiantes respondieron que el CRS en el aula mejoró el aprendizaje, la evaluación formativa y aumentó la participación. Las limitaciones percibidas incluyen inconvenientes prácticos como características redundantes, dificultades técnicas, acceso y costo limitados.

6.2.- Metodología y herramientas

Un CRS bastante utilizado actualmente es Kahoot, un sistema comercial que utiliza dispositivos móviles como mandos de respuesta. Probando este y otros sistemas basados en clickers, observamos que un CRS ideal puede ser el que tenga las siguientes características: gratuito, ilimitado número de mandos, sin hardware específico o software para el profesor, sin pilas, sin app para dispositivos móviles, sin instalación y que sea personalizable. Debido a que los CRSs tradicionales presentan una serie de inconvenientes que les alejan de las características ideales que debe tener un CRS, se utiliza un CRS propio denominado VirtualCRS (Virtual Classroom Response System) basado en tecnología web y dispositivos móviles, y que cumple con la mayoría de las

características ideales de ser compatible con dispositivos móviles (tabletas, teléfonos móviles, ordenadores personales, PDAs, o cualquier otro dispositivo móvil con un navegador y conexión a Internet) y tecnología Web, que no necesita el uso o instalación de una aplicación para móvil.

Con el sistema desarrollado, la estación base no es necesaria y los estudiantes obtienen un mando virtual en sus dispositivos móviles. El acceso a la interface del profesor es instantáneo, es una página web, los mandos se pueden adquirir rápidamente mediante códigos QR o accediendo a un URL con un navegador. Las preguntas se pueden crear con facilidad en pocos minutos e importar o exportarlas en hojas de cálculo. Al usar dispositivos móviles con pantalla, permite mostrar imágenes, gráficas, o los resultados en los mandos, siendo mucho más versátil que un mando de clicker tradicional y más fácil de usar. Existen sistemas similares, como Kahoot o Top Hat, pero la ventaja al usar uno propio es personalizar el sistema e incluso crear funciones adaptadas a nuestras necesidades.

6.3.- Desarrollo

Arquitectura tecnológica

Vamos a hacer una pequeña descripción de esta aplicación, ya que el desarrollo de este sistema no forma parte del estudio. Es un desarrollo muy común y utilizado actualmente, pero es interesante hacer una breve mención. El núcleo de sistema VirtualCRS es un software basado en tecnología CGI (Common Gateway Interface), utilizada en servidores Web, y se ha elegido como lenguaje de programación PHP sobre Apache (servidor web HTTP de código abierto). Para la base de datos se utiliza MySQL. Estas tecnologías son de uso libre.

El profesor utiliza el ordenador del aula con conexión a Internet, para acceder al servidor web y utilizar el sistema. Los alumnos utilizan un navegador en dispositivos móviles, con conexión a Internet, para responder al profesor. En la figura 23 se muestra la arquitectura del sistema con los diferentes protocolos de comunicación que utilizan los dispositivos móviles y también se incluye a los ordenadores personales, que se conectan con cable por Ethernet, que también pueden ser utilizados en las clases, como en las aulas de informática. También visualiza como la aplicación CGI está instalada en un servidor Web, depende de él para funcionar e interactuar con ella, y a través de una interface para bases de datos se conecta con MySQL. Los dispositivos de respuesta se conectan con el sistema a través de internet con el sistema, utilizando diferentes protocolos según su tipo de conexión, Wifi, Ethernet o telefonía móvil. Los dispositivos pueden utilizar uno o varios protocolos, como los ordenadores portátiles, que pueden usar ethernet (por cable), o Wifi (inalámbrica).

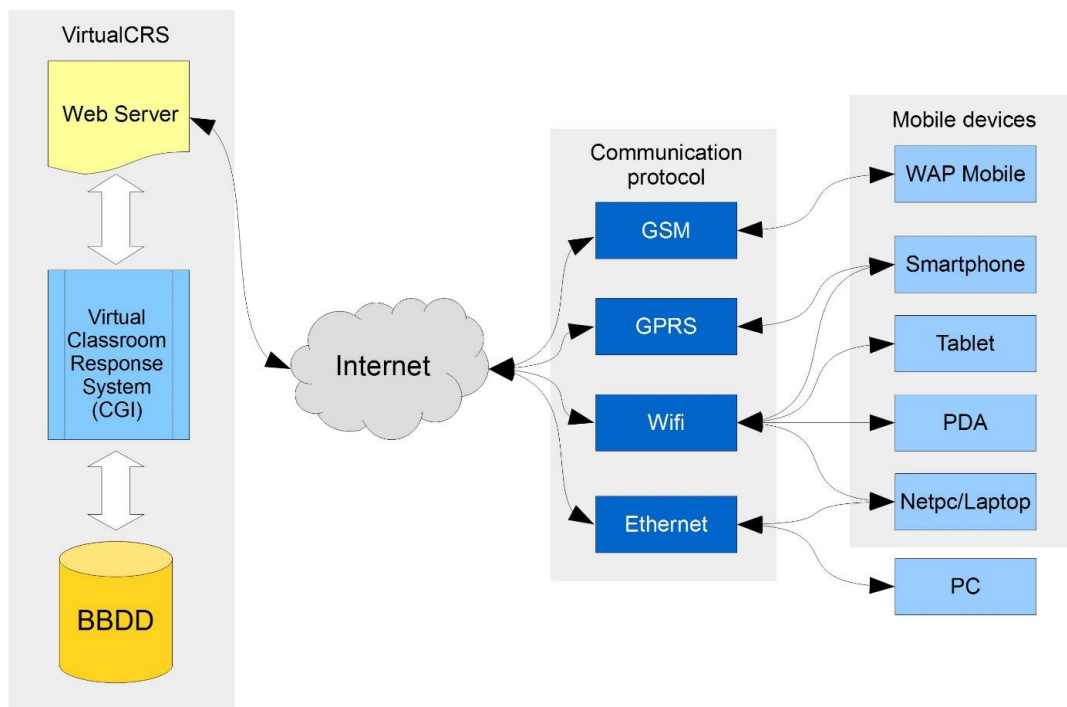


Figura 23 - Arquitectura del sistema

Funcionalidad

El CRS permite crear cuestionarios con preguntas de dos tipos, Verdadero / Falso y de opción múltiple. Además, permite insertar fotografías en ellos. Un ejemplo es la figura 24, muestra la vista del cuestionario, que permite crear y editar las preguntas. El botón superior Activar cuestionario permite utilizar el cuestionario con la secuencia: obtención de mandos por los alumnos, presentación de pregunta, votación de los alumnos, vista de resultados de la pregunta, siguientes preguntas y para terminar vista de resultados totales del cuestionario. La muestra de los resultados es opcional y permite a los alumnos conocer las respuestas realizadas y su corrección.

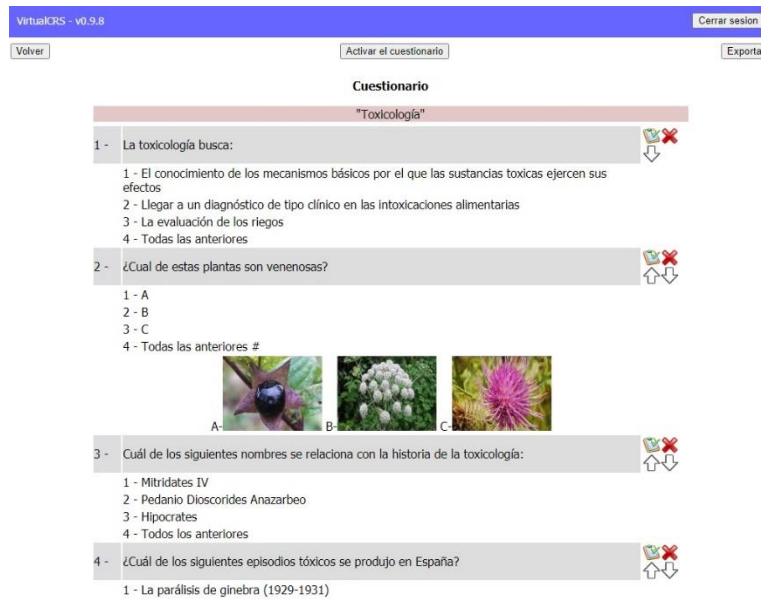


Figura 24 - : Vista de las preguntas y respuestas de un cuestionario

Quando el profesor lo cree necesario activa el cuestionario y muestra la pregunta en la pantalla del ordenador del profesor para que los alumnos respondan, ejemplo en la figura 25.



Figura 25 - Sistema en el momento de responder a la pregunta

El mando virtual de respuesta que utilizan los alumnos se visualiza en la pantalla de sus dispositivos móviles, como se muestra en la derecha de figura 26. Para obtener el mando se utiliza un código QR, izquierda de figura 26, o la dirección de la página web del mando con un código de identificación de cuestionario.

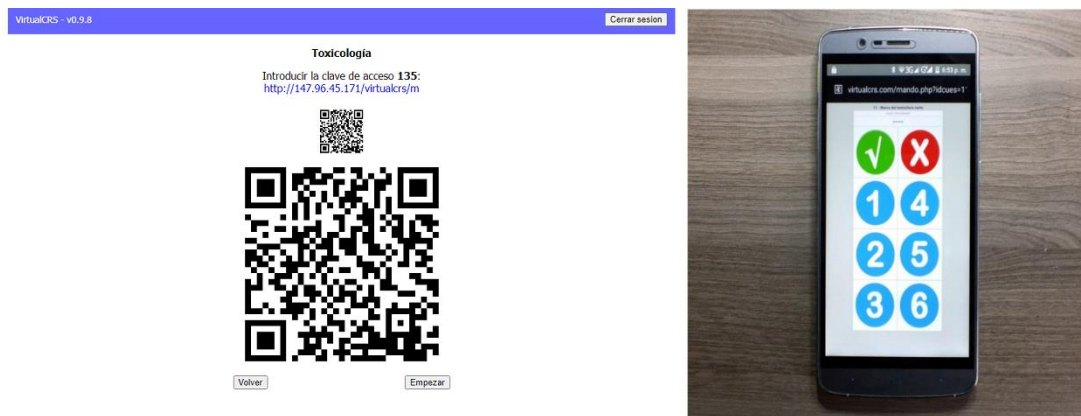


Figura 26 - Código QR y mando de respuesta en un teléfono móvil.

El sistema recoge las respuestas, las almacena en la base de datos, y las muestra en una hoja de resultados como el de la figura 27. Además, permite ver gráficas de resultados por cada pregunta (figura 28). Los datos registrados son: número de alumnos que responden a cada pregunta y a cada respuesta, el tiempo en responder a la pregunta, y visualiza en gráficos de barras los resultados en número y en %.

VirtualCRS - v0.9.8		Toxicología		Cerrar sesión	
Volver		Exportar resultados		Eliminar resultados	
Toxicología - Resultados 2021-07-02 09:45 - -					
Numero Pregunta		Votos	%	Correcta	Tiempo Gráfico Hora
1	La toxicología busca:	8	-	1	38.41 09:57
	1 - El conocimiento de los mecanismos básicos por el que las sustancias tóxicas ejercen sus efectos	5	62,5	-	- - -
	2 - Llegar a un diagnóstico de tipo clínico en las intoxicaciones alimentarias	2	25,0	-	- - -
	3 - La evaluación de los riesgos	1	12,5	-	- - -
	4 - Todas las anteriores	0	0,0	-	- - -
2	¿Cual de estas plantas son venenosas?	8	-	4	57.39 09:59
	1 - A	1	12,5	-	- - -
	2 - B	1	12,5	-	- - -
	3 - C	1	12,5	-	- - -
	4 - Todas las anteriores	5	62,5	-	- - -
3	Cuál de los siguientes nombres se relaciona con la historia de la toxicología:	8	-	1	27.06 10:01
	1 - Mitridates IV	3	37,5	-	- - -
	2 - Pedanio Dioscorides Anazarbeo	3	37,5	-	- - -
	3 - Hipocrates	0	0,0	-	- - -
	4 - Todos los anteriores	2	25,0	-	- - -
4	¿Cuál de los siguientes episodios tóxicos se produjo en España?	8	-	3	29.48 10:02
	1 - La parálisis de ginebra (1929-1931)	2	25,0	-	- - -
	2 - La enfermedad de la mantequilla (1960)	2	25,0	-	- - -
	3 - El síndrome de Ardstil (1992)	3	37,5	-	- - -
	4 - La parálisis del aceite (1959)	1	12,5	-	- - -
5	Cuál de los siguientes no es una tendencia de investigación para el tercer milenio según Repetto:	8	-	2	31.24 10:04
	1 - Polimorfismo enzimático	2	25,0	-	- - -
	2 - Síndrome del aceite tóxico	4	50,0	-	- - -

Figura 27 - : Hoja de resultados.

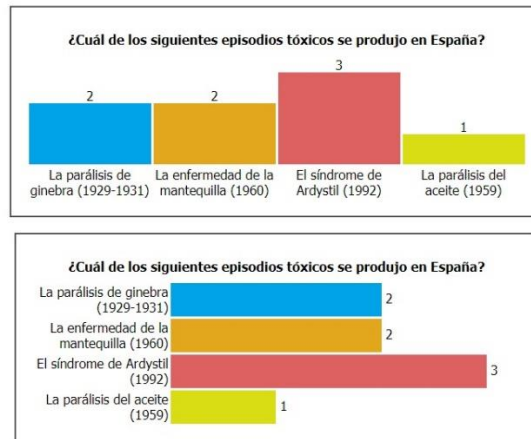


Figura 28 - Gráficas de resultados

Personalización del CRS

Durante el uso de este sistema los profesores y alumnos contestaron a preguntas abiertas o hicieron comentarios durante la clase sobre mejoras a realizar para un mejor funcionamiento, obteniendo las siguientes mejoras:

- Mostrar la respuesta enviada en el mando de respuesta.
- Mostrar el índice de alumnos que han contestado, en % o número.
- Gráficas de barras de resultados en vertical y horizontal
- Añadir un campo descriptivo a los resultados
- Fecha y además hora de los resultados guardados
- Añadir opción de poner fotografías a pantalla completa durante las preguntas
- Opción de mostrar el QR para obtener mando durante la encuesta.

Como ejemplo de personalización del CRS utilizado se muestra la mejora en la visualización de las fotografías. En unas pruebas realizadas con una asignatura de oftalmología, se detectó por parte del profesor la necesidad de poder presentar las fotografías a pantalla completa, para que los alumnos pudieran observar con detalle la patología sobre la que se les estaba preguntando.



Figura 29 – Pantalla de pregunta en el aula para un test de oftalmología

En este test se les realizan la siguiente pregunta a los alumnos:

- 1- Niño de 3 meses que presenta un reflejo blanco pupilar. El médico debería descartar especialmente en estos casos:
- Glaucoma congénito
 - Retinoblastoma #
 - Adenoma hipofisario
 - Queratitis micótica

La respuesta correcta es descartar el retinoblastoma.

La imagen estándar es pequeña (figura 29) para ser apreciada bien por los alumnos, apenas ocupa un 25% de la pantalla, sobre todo en las clases grandes. Se puede pulsar en la foto para apreciar los detalles a pantalla completa:

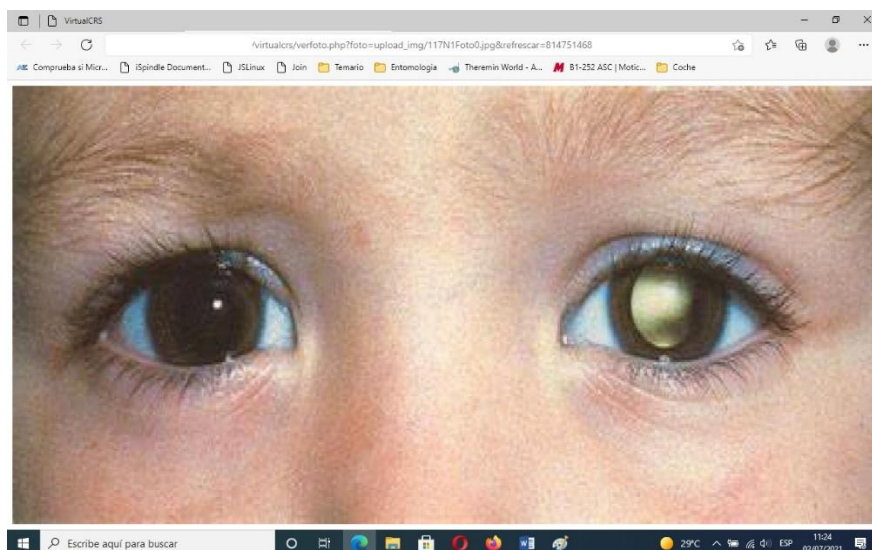


Figura 30- A pantalla completa se observan mejor los detalles en aulas grandes.

Esta modificación se muestra muy útil para usar el CRS en grandes auditorios.

Beneficios en el uso de un CRS

Utilizar un CRS durante las clases puede aportar varios beneficios, los más comunes son:

- Proporcionar feedback a los alumnos.

Los alumnos responder a las preguntas y reciben la respuesta correcta como feedback, y pueden conocer cuál es su nivel de conocimiento o detectar posibles errores de concepto. Utilizándolo de manera continua, puede ayudarle a mejorar su aprendizaje en la asignatura.

- La participación de los alumnos aumenta.

El alumno al dar su opinión de forma anónima se anima a participar. Si ve su respuesta como verdadera en la pantalla, se anima más a dar una explicación de su respuesta

- Mejora de la atención en clase.

El alumno puede prestar más atención a las explicaciones que se están dando en clase si sabe que en cualquier momento se puede hacer una pregunta.

- Realizar una evaluación formativa.

Puede resultar muy útil para el profesor conocer la participación de los alumnos y su nivel de conocimientos, a través de las respuestas que recogen los clickers de las preguntas realizadas en clase.

- Detectar conceptos difíciles.

Las preguntas que tienen un índice de acierto bajo son indicadores de los temas que no han sido del todo comprendidos por los alumnos o que requieren mayor dedicación.

- Adecuar los contenidos de la clase.

El CRS nos proporciona en todo momento el feedback de los alumnos y permite adecuar los contenidos de la clase a los conocimientos de los alumnos.

- Controlar la asistencia a clase.

Es posible “pasar lista” a los alumnos sin necesidad de invertir mucho tiempo

Evaluación del uso del CRS

El objetivo de este estudio es evaluar las percepciones de los estudiantes de Toxicología del Grado en Medicina, sobre usabilidad, compromiso y aprendizaje asociado utilizando VirtualCRS. Para ello se utiliza como método el estudio descriptivo utilizando una encuesta.

Para el estudio elegimos como población cuatro grupos de alumnos de la asignatura de Toxicología en Medicina formados de manera aleatoria. Un total de 63 alumnos que realizaron las prácticas. Se crean ocho preguntas de tipo verdadero/falso u opción múltiple, y serán formuladas durante la clase de prácticas con el CRS. Después de las prácticas se les pasara un cuestionario que evalúa las percepciones de los alumnos sobre el CRS. Los grupos involucrados responden el 100% al cuestionario. Esto elimina el sesgo de los alumnos que no contestan a un cuestionario por que no participan, desconociendo la opinión de estos.

Las percepciones de los estudiantes se midieron utilizando el Cuestionario de Percepciones del Sistema de Respuesta en el Aula (CRiSP), que es una medida cuantitativa de las percepciones de los estudiantes sobre la tecnología CRS (Richardson et al., 2015). El cuestionario CRiSP, ha sido desarrollado en el idioma inglés, y existe una reciente validación para el idioma español realizada por Massoglia-Jara (2020).

Preguntas realizadas durante la clase con el CRS:

1.- El instituto nacional de toxicología y ciencias forenses es:

- a) Un órgano técnico adscrito al Ministerio de Justicia
- b) Un órgano técnico adscrito al Ministerio de Sanidad

2.- Durante la toma de muestras para el análisis toxicológico:

- a) Es necesario su envasado en recipientes estériles en todos los casos
- b) No debe desinfectarse la piel con alcohol previa a la extracción de sangre para el análisis de niveles de alcoholemia

3.- La cadena de custodia:

- a) Nos asegura la inviolabilidad de la muestra desde su recogida hasta su análisis
- b) Es un precinto para embalar las muestras de alta seguridad

4.- Para el análisis de tóxicos orgánicos

- a) La extracción y aislamiento del tóxico de la muestra se realizará mediante solventes orgánicos
- b) La extracción y aislamiento del tóxico se realizará por destilación en medio ácido

5.- El portal BUSCATOX

- a) Contiene información y enlaces sobre páginas web especializadas en toxicología, agrupadas por áreas temáticas
- b) Es un buscador general sobre tóxicos alimentarios

6.- La página web de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Consumo (AECOSAN)

- a) Sólo nos permite acceder a la información sobre el consumo de alimentos en España
- b) Contiene diferentes enlaces que nos dan información sobre la seguridad de los alimentos

7.- La página web de la Agencia Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA)

- a) Nos presentan información sobre la evaluación del riesgo de diferentes componentes de los alimentos
- b) Los miembros de la EFSA son políticos expertos en seguridad alimentaria

8.- Para la búsqueda general de información toxicológica

- a) Accederemos a la página de Hazardous Substances Data Bank (HSDB)
- b) Accederemos a la página de JOINTS FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JEFCA)

El cuestionario CRiSP es un instrumento para evaluar los sistemas de respuesta en el aula, ya que permite la evaluación de los diferentes CRS en tres parámetros: la usabilidad, el impacto en la participación de los estudiantes y en el aprendizaje de los estudiantes. Se han publicado varios estudios que los evalúan antes de la creación de este cuestionario, y no existía ningún instrumento estandarizado como medio para evaluar el impacto del su uso. Por ello, comparar los diferentes sistemas, o evaluar los beneficios de usar estos de diferentes formas o escenarios, es muy difícil a pesar de la cantidad de informes publicados. Kay y Le-Sage (2009).

Cuestionario para evaluar las percepciones:

Cuestionario CRiSP	
1.	Usar (CRS) en conferencias desperdicia mucho tiempo.
2.	Yo recomendaría que el docente continúe utilizando (CRS).
3.	El uso de CRS ayudó a aumentar el valor general de la clase.
4.	El CRS utilizado en esta unidad me motivó a aprender.
5.	Me pareció que este método de interacción entre alumnos y profesor es eficaz.
6.	El / la CRS me ayudó a conseguir información inmediata sobre lo que sabía y lo que no.
7.	El uso de CRS ayudó a aumentar mi conocimiento de las opiniones y actitudes de mis compañeros.
8.	El uso de CRS me ayudó a comprender conceptos claves.
9.	El docente utilizó los resultados del CRS para evaluar la comprensión de la clase y reforzar el material que no se entiende.
10.	El uso de las preguntas del CRS mejoró mi aprendizaje de la asignatura.
11.	Creo que el uso de CRS me dio más control sobre mi aprendizaje que en las unidades que no utilizan CRS.
12.	El utilizar CRS me ayudó a pensar más profundamente sobre los contenidos de la asignatura.
13.	A menudo voté por la respuesta correcta sin comprender.
14.	El utilizar CRS me generó más confianza para participar en la clase.

15.	Utilicé el / la CRS la mayoría de ocasiones en las que se utilizó en la clase.
16.	El / la CRS aumentó la frecuencia de mi participación directa en clases.
17.	El uso de CRS me ayudó a ser activo en la clase.
18.	El utilizar CRS me ayudó para poner más atención en clase.
19.	El uso de CRS ha ayudado a mis niveles de concentración en conferencias.
20.	El uso de CRS me ha animado a asistir a conferencias.
21.	Para mí fue fácil usar el sistema de votación CRS.
22.	Para mí, CRS fue demasiado difícil de usar.
23.	Era demasiado difícil saber qué se esperaba de mí usando CRS.
24.	Hubo demasiados problemas tecnológicos al usar CRS.
25.	El uso de CRS ha aumentado mi disfrute de las conferencias.
26.	Los otros estudiantes no pudieron ver mis respuestas, lo que me animó a ser un participante activo en la clase.

Tabla 2 – Cuestionario CRiSP

6.4- Resultados

Un total de 63 estudiantes participaron en el estudio, no se obtuvieron datos sobre sexo o edad.

Como la interpretación de las puntuaciones de la subescala CRiSP no está disponible, se utiliza la publicada por Sheng (2019), se creó una interpretación de valor nominal al relacionar puntuaciones brutas para cada subescala (es decir, usabilidad 0-20, interacción 0-55, aprendizaje 0-60) a una escala ordinal de cinco puntos (muy desacuerdo, desacuerdo, neutral, acuerdo, totalmente de acuerdo). Consulte la figura 1 para ver la puntuación de la subescala. interpretación.

Escala usabilidad	Escala compromiso	Escala aprendizaje
0.1-4 Muy desacuerdo	0.1-11 Muy desacuerdo	0.1-12 Muy desacuerdo
4.1-8 Desacuerdo	11.1-22 Desacuerdo	12.1-24 Desacuerdo
8.1-12 Neutral	22.1-33 Neutral	24.1-36 Neutral
12.1-16 Acuerdo	33.1-44 Acuerdo	36.1-48 Acuerdo
16.1-20 Muy de acuerdo	44.1-55 Muy de acuerdo	48.1-60 Muy de acuerdo

Tabla 3 – Puntuaciones para cada subescala. Sheng (2019)

Los estudiantes apreciaron el uso de VirtualCRS positivamente para el aprendizaje en el aula.

Se utilizaron estadísticas descriptivas para evaluar las percepciones de los estudiantes sobre la usabilidad, el compromiso y el aprendizaje, medidas mediante el cuestionario. También se recogieron comentarios cualitativos relacionados con los beneficios percibidos, mejoras, limitaciones y el impacto de la tecnología en el aprendizaje.

Las puntuaciones medias de CRiSP para todas las subescalas [usabilidad 17,23 (DE 2,3), participación 38,54 (DE 6,4), aprendizaje 45,34 (DE 6,5)] se correlacionaron con "de acuerdo" o "totalmente de acuerdo". Los estudiantes informaron que CRS en el aula mejoró el aprendizaje, mejoró la evaluación formativa y aumentó la participación. Las limitaciones percibidas incluyen inconvenientes prácticos como características redundantes, dificultades técnicas, acceso y costo limitados.

7.- App de entomología forense

7.1.- Introducción

Se entiende por apps aquellas aplicaciones de software que funcionan en teléfonos móviles, tabletas o computadoras y que son distribuidos a través de servicios o tiendas como la “iTunes store “(Para Apple), “Google Play” (para Android); estas pueden ser generadas por desarrolladores de tecnologías móviles o por individuos u organizaciones.

El crecimiento de las apps ha sido sorprendente, y es uno de los campos tecnológicos con más innovación; se estima cerca de 700 000 apps disponibles para descarga en las distintas tiendas. El área de la salud no es la excepción, con un uso creciente de apps en salud que alcanza las 20.000, con descargas de 44 millones anuales; para 2018 se estimaba que cerca del 50 % de los 3.4 billones de dispositivos móviles utilizarán apps en salud.

Mosa et al. (2012) en un reciente meta análisis evaluaron en la literatura médica las apps en salud para teléfonos inteligentes; y 11 de ellas estaban dirigidas a estudiantes de medicina o de enfermería.

En la enseñanza de medicina forense, como en otras disciplinas, se están introduciendo nuevas estrategias de enseñanza, basadas en nuevas tecnologías o estrategias pedagógicas. Un ejemplo de esto es la experiencia de Magalhães (2014) en la que presentan sus modelos, basados en los objetivos educativos, el programa curricular y las metodologías de enseñanza / aprendizaje de cada ciclo de estudios, así como en cursos de posgrado y educación continua. Su Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses (INMLCF) tiene responsabilidades educativas, de investigación, presta espacio, y coopera con instituciones académicas. Esta contribución, en particular con respecto a la enseñanza de las ciencias forenses en Portugal, ha sido juzgada como un ejemplo para otros países.

Otra experiencia es la de Thompson (2020), en la que muestra que la enseñanza de educación superior en ciencias forenses, tiende a seguir un formato tradicional de clases magistrales seguidas de sesiones prácticas de laboratorio. En su caso incorpora nuevas tecnologías utilizando el software gratuito de acceso abierto Twine (Twine, 2020). Este software es una herramienta de código abierto para contar historias interactivas y no lineales. Se utilizó con estudiantes de último año en ciencias forenses, para crear una experiencia de aprendizaje interactiva basada en la creación de historias no lineales, con la escena del crimen en una universidad del Reino Unido. La evaluación de este enfoque, demostró el impacto positivo en la comprensión de los estudiantes en comparación con el modelo de clase tradicional, y además encontraron la experiencia atractiva y demostraron interés por usar Twine nuevamente.

Heide (2018) incorpora como estrategia pedagógica el uso de OSCE (Objective structured clinical examination, Examen clínico estructurado objetivo). Este es un tipo de examen que se usa con frecuencia en ciencias de la salud, y está diseñado para evaluar el desempeño de las habilidades clínicas y las competencias en comunicación. Un ejemplo son el examen clínico, prescripción de procedimientos médicos, posicionamiento radiográfico, evaluación de imágenes radiográficas o interpretación de resultados. Es un enfoque práctico y se ponen a prueba las habilidades de uso de la estación de 'examen post mortem externo práctico', que los estudiantes han aprendido durante las clases en grupos pequeños con muñeco de simulación. Sus conclusiones muestran que en general, fue posible determinar que OSCE, es una herramienta adecuada para evaluar las habilidades de examen externo post mortem, y que también se pueden sacar conclusiones sobre las mejoras en la enseñanza.

No hemos encontrado estudios que utilicen dispositivos móviles en la enseñanza de medicina forense, pero si se utilizan como soporte a la actividad forense. Uno de ellos es un estudio que diseña una aplicación de teléfono móvil, como ayuda a la datación forense de una mancha de sangre (Choi et al, 2019). En este estudio, el forense obtiene una datación de la mancha de sangre, con una determinación con éxito a las 9h, 18h y 48h. Se aplican tres métodos de detección (acumulación de sangre, índice de grietas y análisis colorimétrico) en términos de 6 pasos del proceso de secado de la mancha de sangre (coagulación, gelificación, desecación del borde, desecación central, propagación de la grieta y desecación final) para estimar la edad de la mancha de sangre con precisión. Esta datación le sirve para contrastar con su propia data y comprobar si coinciden.

Todas estas experiencias muestran buenos resultados, con la incorporación de innovaciones en la enseñanza de medicina forense, y nos anima a incorporar estas. Además, actualmente tenemos un contexto inesperado, la enfermedad COVID-19, donde se propone la enseñanza online como un entorno seguro para estudiantes y profesores. Este entorno nos fuerza a modificar el tipo de enseñanza, las estrategias pedagógicas, y el modo de realización de las prácticas. Hay que proporcionar alternativas a las prácticas presenciales, y en el caso de la formación en entomología forense, nuestro objetivo es desarrollar una aplicación que funciona en dispositivos móviles, con sistema operativo Android, y que puede ser instalada en Smartphones, tabletas e incluso algunos ordenadores. La idea es que los alumnos puedan interactuar con el programa y probar diferentes situaciones, en las que necesiten tomar decisiones que puedan contrastar con la respuesta del programa.

A la hora de interpretar la datación de la muerte a partir de la fauna encontrada, es necesario identificar los especímenes en el diagrama de cronosucesión, decidir cuál es la data, y contrastarla con una correcta, que en su caso la aporta el profesor. Nos hemos encontrado con un desafío para realizar el programa, que es interpretar el diagrama de cronosucesión con un algoritmo que obtenga la data de la muerte de manera objetiva. El objetivo de este estudio es la creación de este algoritmo, la creación de una aplicación para realizar las practicas, y conocer la opinión de los alumnos sobre la utilidad de la aplicación.

7.2.- Material y métodos

El diseño de este estudio es de tipo observacional. Como población para el estudio, se ha elegido a los alumnos de un curso de Entomología Forense del departamento de Medicina Legal en la Universidad Complutense de Madrid. Un total de 150 alumnos usarán la aplicación para la realización de prácticas, por el periodo dos semanas, realizando al final un cuestionario para obtener los resultados.

La práctica que realizan los alumnos es la datación entomológica de un cadáver. Para ello necesitan conocer y consultar las fases de putrefacción, la cronología tanatológica, y el entorno básico de la data de un cadáver. Todo esto se incluye en la información teórica, y como parte práctica interactiva, existe un test de cada uno de los periodos, y un sistema de análisis de casos de datación, con el que los alumnos, pueden introducir los ejemplares de los diferentes casos, que son entregados por el profesor para la práctica, y contrastar su propia predicción con la aportada por el sistema. También pueden crear sus propios casos y comprobar la predicción.

Para realizar la práctica, se diseña una aplicación y una documentación, que es entregada a los profesores para que puedan realizar las prácticas con los alumnos. La documentación incluye la ayuda para profesores sobre el manejo de la aplicación, preguntas frecuentes, y como explicar a los alumnos la descarga, instalación y manejo.

Como valoración de la aplicación y obtención de resultados, los alumnos responden a un cuestionario valorando varios aspectos: la utilidad, claridad en los conceptos, documentación adecuada, interactividad.

7.3- Desarrollo

Diseño de la aplicación

Para la creación de la aplicación, se ha utilizado como entorno de programación AppInventor2, creado por el MIT (Massachusetts Institute of Technology). Se ha elegido esta plataforma por su facilidad de uso y la posibilidad de crear aplicaciones con una formación relativamente reducida, y accesible a cualquiera con unos conocimientos medios en informática. Con esto, conseguimos poner en contacto a los profesores con esta tecnología, que observen lo que se puede hacer, y en un futuro puedan crear aplicaciones para sus clases. En un principio se pensó en realizar el programa para Windows, pero durante el planteamiento de este estudio surgió en España la enfermedad COVID-19, con el confinamiento de la población y la necesidad de cambiar de estrategia pedagógica formativa. En este momento las enseñanzas se imparten en modo online (a distancia utilizando la red Internet y las nuevas tecnologías de la información).

Con AppInventor2 obtenemos una app que los alumnos utilizan en sus dispositivos móviles (Figura 31), y que tienen Android como sistema operativo, tales como Smartphones, tabletas u ordenadores. Además, se ha procurado la máxima compatibilidad, el programa funciona en la gran mayoría de versiones de Android. Este es el sistema más utilizado en dispositivos móviles, cerca de 1300 marcas han desarrollado más de 24.000 dispositivos con Android en el año 20156.

La aplicación incluye también información teórica para realizar la práctica, con la siguiente estructura:

- Información teórica
 - Cronología tanatológica
 - Fases de putrefacción
 - Ayuda de aplicación

- Realización de la práctica
 - Test de cronología tanatológica
 - Introducción a la datación
 - Datación de los casos

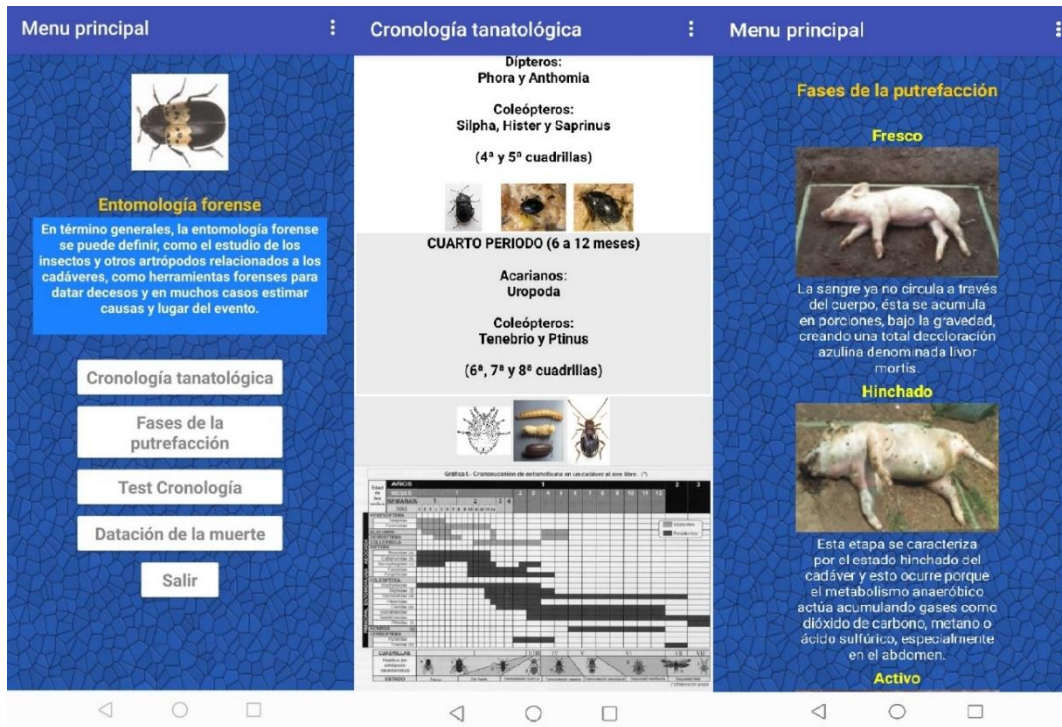


Figura 31 - Imágenes en pantalla de la aplicación. De izquierda a derecha: Menú principal, esquema de cronología tanatológica y resumen de teoría de las fases de putrefacción.

Algoritmo de datación

Para la realización de las prácticas de datación, se le proporciona al alumno un diagrama de cronosucesión (Capó et al, 2004), que contiene la principal entomofauna asociada de un cadáver al aire libre. (Figura 32)

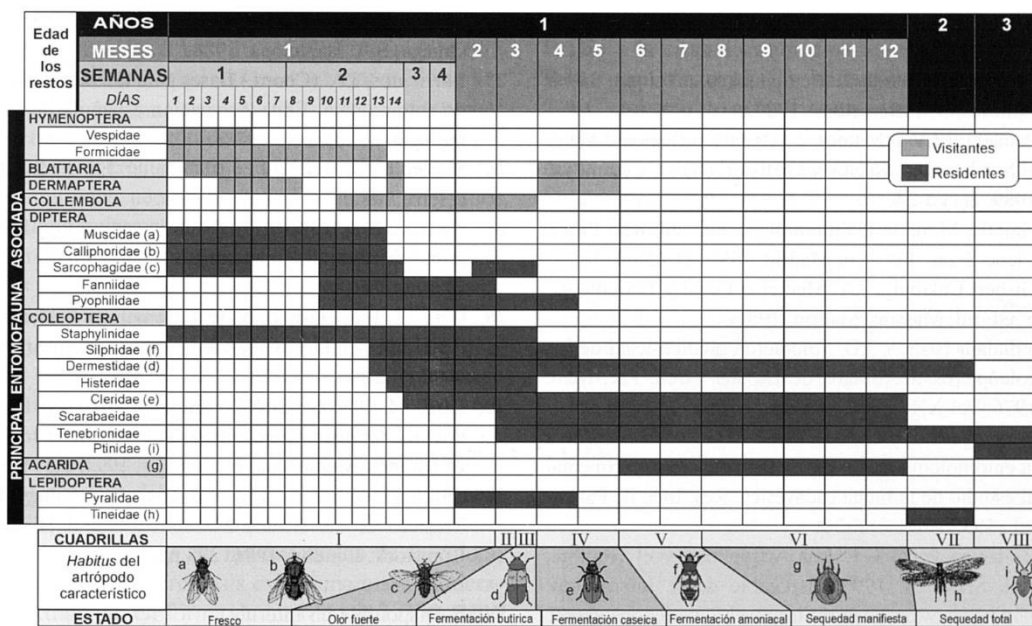


Figura 32 - Diagrama de cronosucesión.

El diagrama de cronosucesión nos muestra en el eje horizontal superior la edad de los restos en días, semanas, meses y años. En el vertical la principal entomofauna asociada, de forma que indica el periodo temporal en el que aparecen cada uno de los tipos. Por ejemplo, los pertenecientes al orden Collembola aparecen en los restos el día 11 y desaparecen al final del tercer mes, o la familia de lepidópteros Pyralidae, que se puede encontrar en los meses 2,3 y 4. En el eje horizontal inferior se indican los periodos de las diferentes cuadrillas y el estado de putrefacción.

Poder interpretar el diagrama y decidir la edad de los restos, puede ser complicado en muchas ocasiones, la fauna se solapa en el tiempo y se mezclan individuos de fases diferentes. Otras veces aparecen en dos fases contiguas y no parecen aportar información para decidir.

Para diseñar un algoritmo que realice la datación, tenemos que tratar los datos de entrada (Figura 33), que son el hallazgo de fauna, y como salida la probabilidad de que los restos estén en una de las fases de putrefacción (Figura 34). Las entradas son lógicas, verdadero o falso. La entrada es verdadera si se ha encontrado ese ejemplar en el cadáver, y falso si no está. En nuestro caso tenemos tantas entradas como ejemplares posibles de encontrar, y el número de combinaciones posibles de entrada es 2 elevado a n, siendo n el número de entradas. Para 21 ejemplares existen 2 elevado a 21 combinaciones, que son 2.097.152 casos diferentes que podemos encontrar. Se observan las posibles combinaciones de entrada en el diagrama de cronosucesión. (Figura 32)

Para solucionar este problema se establece un sistema de asignación de pesos, asignando un peso, que es un valor numérico, a cada uno de los ejemplares. El diagrama de cronosucesión no distingue entre ejemplares más influyentes o no en una fase, solo indica el número de días que aparecen. Con esto decidimos dar el mismo peso a todos los ejemplares, el valor puede ser cualquiera, y le vamos a dar 10 como peso a cada uno de los ejemplares. La asignación de pesos a cada entrada puede tener el mismo peso, pero internamente, las combinaciones de los diferentes pesos de entrada atraviesan la red del algoritmo, y cada peso tiene una influencia diferente en cada una de las salidas.

Lo siguiente a considerar es como repartir el peso de un ejemplar entre las fases en las que aparece. El dato que tenemos es el número de días que aparece en el cadáver y como están distribuidos esos días en cada fase, lo que nos permite repartir el peso según los días. Por ejemplo, para el hallazgo de Vespiade o de Formiciade, cada uno tiene un peso de 10, y como solo aparecen en el estado fresco todo su peso está en este estado, y cero para el resto de fases, ya que solo aparecen en esa fase.

Datacion de la muerte : **Datacion de la muerte**

DATACION ENTOMOLOGÍA CADAVERICA

Se trata de una técnica indirecta de estimación de la data, puesto que se basa en el estudio de los ciclos vitales de distintos organismos.

La fauna cadavérica, incluyendo a los artrópodos, constituyen una valiosa ayuda para fijar la fecha o data de la muerte en ciertos casos, así como otros aspectos relacionados con las circunstancias de la muerte y lugar de los hechos.

La muerte de un ser vivo lleva consigo una serie de cambios y transformaciones físico - químicas que hacen de este cuerpo sin vida un ecosistema dinámico y único al que van asociados una serie de organismos necrófagos, necrófilos, omnívoros y oportunistas que se van sucediendo en el tiempo dependiendo del estado de descomposición del cadáver. El estudio de esta fauna asociada a los cadáveres recibe el nombre de entomología forense.

Datación con la gráfica de cronosucesión

Esta aplicación formativa permite calcular la data aproximada de un cadáver. Hay que seleccionar la fauna que se ha observado, marcando las casillas que correspondan.

Para la toma de decisión se ha decidido utilizar una técnica de IA (Inteligencia Artificial), redes neuronales artificiales, las cuales reciben un número determinado de entradas, a las cuáles les otorga un "peso" determinado. En función de la cantidad de entradas y su peso se traduce en un valor de salida.

Informe de datación

Seleccionar la fase de putrefacción observada:
Fresco

Marcar la fauna observada:

HYMENOPTERA

Vespiade Formicidae

BLATTARIA

DERMAPTERA

COLLEMBOLA

DIPTERA

Muscidae Calliphoriade

Sarcophagidae Fannlidae

Phyophilidae

COLEOPTERA

Staphylidinae Shilfidae

Dermestiade Histeriade

Cleriade Scarabaeiade

Tenebrioiade Ptiniade

ACARIDA

LEPIDOPTERA

Pyralidae Tineidae

Continuar **Datación**

Figura 33 - Información sobre datación y hoja de informe de datación.

En el caso de los ácaros, estos aparecen entre los 6 y 12 meses, en las fases avanzado y activo. Para distribuir los pesos se divide el peso total 10 entre los días que aparecen, considerando meses de 30 días. Para calcular el peso en cada fase se multiplica el peso por día por el número de días en esa fase:

- 7 meses x 30 días = 210 días, peso / día = $10 / 210 = 0,0476$
- En la fase activa aparece durante 2 meses, 60 días: $0,0476 \times 60 = 2,9$
- Para la fase avanzado aparece 5 meses, 150 días: $0,0476 \times 150 = 7,1$

Si solo encontramos ácaros e intentamos hacer la datación, vemos que éstos tienen un 29% de su peso en la fase activa, y un 71% en avanzado, luego podríamos deducir que hay más probabilidad de que los restos estén en la fase avanzado, un 71% de probabilidad. Si además encontramos la familia Tineidae, calculamos la distribución de su peso por día: 12 meses, 360 días => $10/360 = 0,0277$ pero como solo aparece en la fase esquelético, su peso total 10 será para esa fase. Para calcular la distribución de peso total se suman los pesos totales

de los ejemplares encontrados, en este caso 2, luego el peso total es $2 * 10 = 20$ y ahora se calculamos el peso de cada fase:

- Fresco 0 %
- Hinchado 0 %
- Activo 14.5 %
- Avanzado 35.5 %
- Esquelético 50 %

Este proceso se puede escalar a todos los hallazgos que se encuentren, y establece una probabilidad en cada fase de manera objetiva. El algoritmo va asignando pesos, sumando y calculando para cada una de las entradas y salidas. Además, según los resultados se activan aproximaciones para alguna de las fases, como la fase fresco, que en una segunda aproximación calcula la probabilidad de estar entre 1 a 14 días y de 15 a 2 meses. La aproximación se produce cuando la fase obtiene más del 50 % de probabilidad.



Figura 34 - Resultado de la datación para el informe de la figura 30.

Valoración de los estudiantes del uso de la aplicación.

La aplicación se utilizó como una herramienta complementaria para la práctica de medicina forense, y se puso a prueba con alumnos del curso de enseñanza en entomología forense. Se suministró a los estudiantes una encuesta de escala Likert de 5 puntos, que iba desde muy en desacuerdo (puntuación 1) a muy de acuerdo (puntuación 5), para evaluar la app de la nueva práctica en entomología forense. El cuestionario de opinión consta de seis afirmaciones sobre varios aspectos, como la utilidad, la información recibida, materiales, facilidad de uso, y el acceso a la tecnología en opinión de los alumnos, los cuales nos pueden indicar que los alumnos consiguen realizar dataciones, y ayudar en la práctica. El cuestionario se distribuyó en línea a través de Eval&Go (Software de cuestionarios, encuestas online, sondeos y estudios de mercado) al final del módulo de enseñanza.

Preguntas del cuestionario:

1. Creo que utilizar nuevas tecnologías en la enseñanza es útil
2. He recibido información adecuada sobre la práctica.
3. La app de Entomología Forense es fácil de manejar.
4. La app de Entomología Forense tiene contenidos que son útiles para mi formación.
5. He podido realizar pruebas de dataciones con datos del diagrama de cronosucesión utilizando la app de Entomología Forense.
6. Es fácil para mi usar nuevas tecnologías.

Las preguntas 1 y 4 son sobre la utilidad de las nuevas tecnologías, además en la 4 se especifica la utilidad de los contenidos de la app en concreto.

La pregunta 2 plantea si los alumnos, han utilizado la app en el contexto de una práctica de la que han recibido la información adecuada. Si los alumnos no reciben la información adecuada, pueden tener problemas para manejar la app, y para realizar la práctica en general.

Las preguntas 3 y 6 busca relacionar la facilidad del manejo de la app con la facilidad de uso de las nuevas tecnologías.

En la pregunta 5 los alumnos muestran si han podido utilizar la app para el fin que se ha diseñado.

7.4- Resultados

Los datos de la escala Likert se presentaron como media y desviación estándar. Se calcula la tau B de Kandell y el alfa de Cronbach para evaluar la validez y confiabilidad de los ítems de la encuesta. El valor de probabilidad de $P < 0,05$ se estableció como significativo. Para todo el análisis estadístico se utilizó el paquete estadístico SPSS, versión 25.0 (IBM Corp., Armonk, NY).

Sesenta y tres estudiantes de 150 (42%) respondieron a la encuesta. En general, los resultados de la encuesta indican que los estudiantes fueron positivos en el uso de la aplicación como ayuda para el aprendizaje. Los resultados del cuestionario son los siguientes:

C 1. Creo que utilizar nuevas tecnologías en la enseñanza es útil. La mayoría de los estudiantes estuvieron bastante de acuerdo en que el uso de nuevas tecnologías es útil para su aprendizaje (puntuación $4,13 \pm 0,68$)

C 2. He recibido información adecuada sobre la práctica. Estuvieron de acuerdo o muy de acuerdo en que recibieron información adecuada sobre la práctica ($4,65 \pm 0,48$).

C 3. La app de Entomología Forense es fácil de manejar. La mayoría de los estudiantes consideró que es fácil acceder y manejar. ($4,44 \pm 0,78$)

C 4. La app de Entomología Forense tiene contenidos que son útiles para mi formación. Respondieron positivamente sobre el contenido. ($3,83 \pm 0,68$).

C 5. He podido realizar pruebas de dataciones con datos del diagrama de cronosucesión utilizando la app de Entomología Forense. Los estudiantes responden positivamente en la realización de las dataciones de la práctica. ($4,17 \pm 0,61$)

C 6. Es fácil para mi usar nuevas tecnologías. El 59% (37/63) de los estudiantes informa que tiene cierta o mucha facilidad para el uso de nuevas tecnologías. ($3,98 \pm 0,55$).

El análisis de tau B de Kendell reveló que los elementos de la encuesta se correlacionaron positivamente entre sí y la clasificación del coeficiente de correlación varió de 0,287 a 0,735 (Tabla 1). El alfa de Cronbach para los ítems de la encuesta fue 0,873. Estos resultados indican que la coherencia interna satisfactoria de los instrumentos de la encuesta.

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
C1	63	3,00	5,00	4,1270	,68373
C2	63	4,00	5,00	4,6508	,48055
C3	63	3,00	5,00	4,4444	,77829
C4	63	3,00	5,00	3,8254	,68485
C5	63	3,00	5,00	4,1746	,61012
C6	63	3,00	5,00	3,9841	,55335
N válido (por lista)	63				

Correlaciones

			C1	C2	C3	C4	C5	C6
Tau_b de Kendall	C1	Coeficiente de correlación	1,000	,585**	,629**	,315**	,329**	,735**
		Sig. (bilateral)	.	,000	,000	,006	,005	,000
		N	63	63	63	63	63	63
	C2	Coeficiente de correlación	,585**	1,000	,312*	,287*	,463**	,509**
		Sig. (bilateral)	,000	.	,010	,018	,000	,000
		N	63	63	63	63	63	63
	C3	Coeficiente de correlación	,629**	,312*	1,000	,332**	,505**	,542**
		Sig. (bilateral)	,000	,010	.	,004	,000	,000
		N	63	63	63	63	63	63
	C4	Coeficiente de correlación	,315**	,287*	,332**	1,000	,543**	,725**
		Sig. (bilateral)	,006	,018	,004	.	,000	,000
		N	63	63	63	63	63	63
	C5	Coeficiente de correlación	,329**	,463**	,505**	,543**	1,000	,540**
		Sig. (bilateral)						
		N						

	Sig. (bilateral)	,005	,000	,000	,000	.	,000
	N	63	63	63	63	63	63
C6	Coefficiente de correlación	,735**	,509**	,542**	,725**	,540**	1,000
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	.
	N	63	63	63	63	63	63

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Fiabilidad

Resumen de procesamiento de casos

		N	%
Casos	Válido	63	100,0
	Excluido ^a	0	,0
	Total	63	100,0

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,873	6

8.- La App de datación como posible base de una herramienta forense para datación.

Durante la puesta en práctica de la app desarrollada se comentó que, si la app se llegara a perfeccionar, podría ser de utilidad también para el trabajo forense, para que diera una información que de otra manera sería costosa de conseguir, como considerar un número grande de variables, o las dependencias entre ellas.

La entomología forense actual debe representar un apoyo consensuado entre el desarrollo técnico, en el cual incluiríamos la aportación tecnológica de la ingeniería informática, con soporte en el sector de las telecomunicaciones, y la aportación científica.

Apoyo dirigido tanto en la aplicación práctica y profesional forense, como en las bases docentes con proyección dual investigación / docencia.

Centrándonos en el objetivo del estudio trataremos de aunar entomología forense, aplicada a datación de la muerte, con un entramado de ingeniería informática que nos dé una primera visión de cómo crear un soporte tecnológico rápido, preciso, y fiable, tanto para el profesional forense como para el docente / investigador en dicho campo.

Vertebraremos el estudio en la entomofauna asociada a la datación de la muerte para obtener una perspectiva de la complejidad de la tarea.

8.1.- Ubicación de especies referenciadas a datación

La entomología forense permite utilizar los insectos como indicadores biológicos para el cálculo del IMP (Intervalo Post Mortem)

Tales indicadores por su presencia o ausencia en sí misma en el cadáver no pueden ser considerados como prueba fehaciente en la datación, puesto que son múltiples los factores asociados tanto bióticos como abióticos que condicionan tal presencia / ausencia.

Factores, todos ellos, que interfieren en el ciclo biológico de los insectos, modificándolos en mayor o menor grado, y siendo siempre determinantes en la datación tales modificaciones. El desarrollo y características de las distintas fases larvarias imprimen precisión, coherencia, y mayor exactitud a una datación más real del cadáver, que si sólo se contempla su presencia o ausencia.

Por ello analizaremos diferentes factores asociados a la diversidad entomológica y su influencia en la datación de la muerte.

Tanto indicadores, factores como correlación a la datación pueden ser incluidos como variables en el desarrollo de apps que aceleren la consecución de los objetivos en los estudios forenses.

Previo al análisis de factores, especies (ciclos biológicos incluidos) y sus diferentes interrelaciones, es necesaria la determinación de la fase de descomposición en la que se encuentre el cadáver. Para ello categorizamos el cadáver en función de la fase en la que se encuentre:

Fase1: Estado fresco

Fase 2: Hinchado/enfisematoso

Fase 3: Descomposición activa / licuefacción

Fase 4: Descomposición avanzada

Fase 5: Esqueletización / restos secos

En un primer momento cabría pensar en una cronología secuencial y lógica de entomofauna adaptada a cada fase, admitiendo superposición de especies en las distintas fases como apunte adicional al estudio.

Es obvio no descartar este patrón cronológico, pero el rigor científico impone añadir más “actores” a la escena. Factores no solo ambientales, factores geográficos, factores de manipulación humana añadidos (desplazamiento del cadáver a distintas localizaciones variando así las condiciones, y por ende la entomofauna y sus estadios correspondientes asociados al ciclo biológico).

De ahí la flexibilidad en la aplicación de determinantes en la datación de la muerte, aspecto en el cual el soporte informático aplicado permite recoger los distintos escenarios y discernir de forma más precisa la vía a seguir.

Basándonos únicamente en el comportamiento nutricional de la entomofauna podríamos definir varios patrones Núñez (2014):

Especies necrófagas: Principal grupo presente en el cadáver se alimentan del cuerpo. Dípteros (Calliphoridae, Sarcophagidae) y coleópteros (Silphidae, Dermestidae).

Especies predatoras y parásitas de necrófagos: segundo grupo más significativo presente en el cadáver. Coleópteros (Silphidae, observamos solapamiento con la fase anterior en esta familia, Histeridae, Staphylinidae), Dípteros (Stratiomyidae, Calliphoridae), e Himenópteros parásitos de larvas y pupas de dípteros.

Especies omnívoras: avispas, hormigas y otros coleópteros que se alimentan del cadáver y de otra entomofauna asociada al cadáver.

Especies accidentales: utilizan el cadáver como una prolongación de su hábitat natural, especies del género como Collembola o arácnidos.

Los hongos, levaduras y mohos presentes en el cadáver, como agentes colonizadores del biosustrato que supone un cadáver, sirven a su vez como componente nutricional de diferentes especies de ácaros, constitutivos de microfauna

De ello se deduce que un solo componente nutricional necesario, y/o predilecto de una especie de entomofauna, determina la presencia, mayor colonización o diferente estado larvario de esa especie. En un cadáver colonizado por una especie de levadura, observamos la interrelación entre organismos pertenecientes a un reino y organismos pertenecientes a otro, supone la dicotomía de colonización entre, por ejemplo, una especie de ácaro u otra, afectando todo ello a la descomposición de un cadáver y por consiguiente a la datación de la muerte.

Esta minuciosidad es una constante en la datación precisa de la muerte, siendo clave la utilización de mecanismos informáticos, que permiten agilidad e inmediatez en la resolución de diferentes planteamientos dicotómicos.

Como hemos visto, un solo factor (nutrición) determina diferente entomofauna, no solo asociada a la fase de descomposición cadavérica sino a un componente nutricional. Ante tal vicisitud es de obligatorio cumplimiento desarrollar el desglose de algunos factores determinantes en la datación

8.2.- Localización geográfica del cadáver

Resulta obvio la consideración de este factor, tanto factores abióticos asociados al propio factor (climáticos, orográficos propios de cada zona geográfica, sociales...), como bióticos (Fauna y flora), influyen en la datación de la muerte, al ser muy influyentes en las especies entomológicas presentes en el cadáver en los distintos periodos. (Núñez, 2014)

En base a ello el soporte informático debe considerar las distintas variables factoriales en función de la zona geográfica de hallazgo del cadáver. Cuanto más extenso y preciso sea el registro de factores a considerar, mayor especificidad y veracidad tendrá el posterior desarrollo de los siguientes factores a considerar.

La entomofauna, sus ciclos biológicos, mecanismos de acción sobre el cadáver y particularidades en su desarrollo, diferirán con gran amplitud si el hallazgo cadavérico se presenta en una zona tropical, o si está en zona de cumbres de elevada altitud.

Un registro Data con diferentes modelos geográficos a considerar, y a su vez con diferentes variables climáticas y orográficas, constituirán una primera estructura base sólida, sobre la cual ir sumando factores de diferentes consideraciones. Matiz sencillo a establecer si el hallazgo se produce en medio terrestre o en medio acuático, clave dicotómica con evidente diferenciación de estudio

11.3.- Temperatura

Uno de los principales factores, sino el que más, a considerar. Determinante en la descomposición del cadáver, ciclo biológico de la entomofauna con manifiesta influencia en oviposición, desarrollo larvario, tiempos de actuación de la entomofauna sobre el cadáver, solapamiento de especies en un mismo estadio de descomposición.

En general la oviposición de los dípteros es menor a temperaturas inferiores a 10°C al igual que su desarrollo larvario, lo que supone que en estaciones frías o zonas geográficas frías, el proceso de descomposición disminuye y la datación de la muerte es diferente en estaciones o zonas geográficas cálidas.

No es aconsejable la consideración de especies adaptadas al frío o con mayor tolerancia a variaciones térmicas.

Por ello el soporte informático debe establecer varios rangos modelo de temperaturas asociados a grupos afines de entomofauna, matizando dentro de cada nivel diferentes zonas geográficas en base a este factor

Protophormia terranova es más abundante en zonas árticas y por ello más tolerante a temperaturas frías. Al dirigirse el modelo de programación informático a un rango inferior de temperaturas delimita un grupo menor cuantitativamente hablando de entomofauna, y justifica una diferente datación de la muerte al adaptarse al proceso de descomposición cadavérica en ese rango térmico inferior.

Un rango térmico = un grupo de entomofauna

Habrán solapamientos, pero siempre será menor la determinación de especies y por ello más precisa la datación conociendo el ciclo biológico tipo de esas especies.

8.4.- Masa Larval

Cuanto mayor es la cantidad de larvas más rápido es el proceso de descomposición y por lo tanto la datación de la muerte no sería correcta sin este factor a considerar.

Al margen del aspecto incidente cuantitativamente considerado de este factor es necesario puntualizar que el aumento de masa larval supone un aumento de temperatura sobre el cadáver. Aunando así dos factores sobre un mismo efecto en la datación.

Patrones de entomofauna referidos a la datación, considerando rangos cuantitativos de masa larval sobre efectos de incremento térmico, deben ser incluidos en la aplicación. Datos que suponen un valor añadido en precisión de la datación

Como ejemplo, el rango cuantitativo ($10E6 - 3 \times 10E6$) generan un incremento de 2 grados, lo que supone una corrección de dos días en la datación de la muerte y la entrada de un nuevo agente entomológico. La app o modelo informático tiene en cuenta esta corrección al considerar este aspecto, y nos ofrece una mejora en la precisión en la datación inmediata. (Castillo, 2002).

8.5.- Comportamiento diurno / nocturno entomofauna

En general los dípteros y en concreto las moscas no suelen ovipositar durante la noche, por ello la datación de la muerte varía si ésta se ha producido durante la noche.

Solapando de nuevo con el factor descrito anteriormente, como localización geográfica, es patente el hecho a considerar de los periodos de luz / oscuridad diferentes dependiendo de zonas geográficas antagónicas, inclusive en una misma zona geográfica variará el fotoperiodo al referirnos a un valle, o a la zona de mayor altitud en un mismo enclave.

Siendo muy precisos el fotoperiodo varía en zona boscosa respecto a la zona de amplios claros contigua, factor que influye en la ovoposición dependiendo del hallazgo del cadáver en una u otra zona adyacente.

De nuevo el modelo informático o app nos aporta un estudio más amplio e inmediato que análisis convencionales.

8.6.- Drogas/sustancias tóxicas

Los cadáveres en avanzado estado de descomposición (recordemos las fases reflejadas al inicio de este estudio) constituyen una barrera en la obtención de muestras toxicológicas, los fluidos corporales como sangre u orina, inclusive los órganos internos no están presentes o dado su deterioro no son útiles en estudios toxicológicos.

Sin embargo, la entomología asume en valor positivo esta carencia de otras áreas de estudio. Las larvas metabolizan drogas y otras sustancias tóxicas en sus tejidos constituyendo un reservorio de incalculable valor para la obtención de muestras toxicológicas, tanto en aspectos cualitativos como cuantitativos.

Coleópteros depredadores de larvas ingieren las mismas aumentando así los reservorios de muestras toxicológicas (cocaína, metanfetamina, oxazepam,

fenobarbital...) ya que en los citados depredadores se desencadena un proceso de bioacumulación de sustancias tóxicas. (Pien, 2004)

Una sustancia tóxica informa por sí misma de forma exponencial al forense, reservorios en entomofauna, tanto en larvas presentes en una fase de descomposición, como en adultos de la misma u otra especie presente en una posterior fase de descomposición.

A considerar el factor metabólico de toxicidad sobre el desarrollo larvario, drogas y diferentes sustancias tóxicas ralentizan el desarrollo larvario o lo inhiben. (Calabuig, 2004)

De nuevo la datación de la muerte se ve afectada por la presencia de drogas u otras sustancias tóxicas, no sería posible la determinación de su presencia, cuantificación y caracterización sin el estudio entomológico. La entomotoxicología es la rama de la entomología que estudia los efectos toxicológicos.

Anatomía y fisiología relacionadas con la cronoentomología

Tal y como se mencionó en el desarrollo del trabajo realizado, anatomía y fisiología están estrechamente relacionadas con la cronoentomología. La datación de la muerte depende de estas dos disciplinas, aunque en apariencia no resalte en principio.

Centraremos tal afirmación en la descripción de diferentes estructuras evolutivas respecto al ciclo biológico de *Calliphora vicina*, y más concretamente en el estudio comparativo de LI, LII y LIII de la citada especie.

Segmentaremos los tres estados larvarios desde el punto de vista anatómico en Zona cefálica (áreas correspondientes a pseudocéfalon y delimitación cefalofaríngea), tórax, abdomen y zona anal. Tales divisiones anatómicas muestran diferentes evoluciones en su desarrollo en los tres estados larvarios.

Resulta obvio manifestar que la estructura anatómica tendrá una finalidad no solo evolutiva a lo largo del ciclo biológico de la especie sino un claro objetivo adaptativo a la fisiología que requiere de distintas estrategias para completar las diferentes fases del ciclo biológico.

La cronoentomología utilizará precisamente estas dos disciplinas para la datación de la muerte y por consiguiente el cálculo de IMP.

La identificación de LI, LII y LIII en base a las estructuras anatómicas observables por el entomólogo forense, son consecuencia de la fisiología evolutiva de las larvas y sus necesidades vitales, es decir, la fisiología larvaria conlleva la necesidad a la larva de evolucionar anatómicamente para completar su ciclo, lo que muestra diferentes estructuras el entomólogo forense para diferenciar las distintas fases larvarias y por consiguiente ser preciso con la datación de la muerte.

Cronológicamente las larvas desarrollarán estructuras distintas y/o modificaciones adaptativamente diferentes, según sus necesidades fisiológicas, necesidades impuestas por la propia cronología del cadáver.

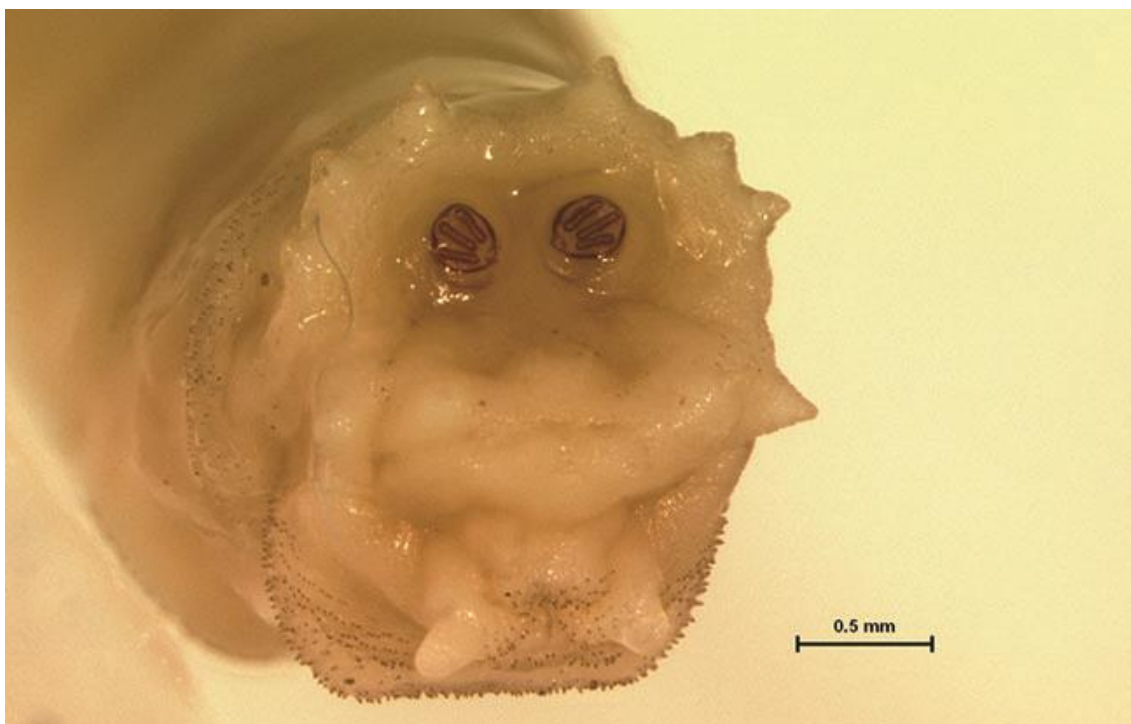


Figura 35- Detalle de los espiráculos posteriores el LIII, se aprecia la formación de la tercera hendidura espiracular, ausente el LII. Por ello elemento diferenciador de LIII respecto a LII, adaptación anatómica necesaria para cumplir con los nuevos requerimientos fisiológicos de LIII respecto a LII, evolución cronológica en el ciclo biológico que traduce tal hecho en un elemento de medición para el entomólogo forense (datación muerte, cálculo del IPM). (Ratsep, E, 2013)

La presencia de estructuras de sujeción al cadáver es determinante para el desarrollo de la larva, los procesos de licuefacción llevados a cabo por sus enzimas y bacterias le permiten nutrirse del cadáver, descomposición del mismo y elemento decisivo en la datación cadavérica. (Figura 36)

Según avanzan los diferentes estadios de descomposición del cadáver, el nicho nutricional que supone el mismo para las larvas varía en consecuencia, los tejidos del cadáver se transforman, los fluidos cambian y la bioquímica del cadáver se modifica. Tales cambios suponen, obligan a las larvas a adaptarse a las condiciones cambiantes, sus nuevas necesidades fisiológicas implican nuevas necesidades anatómicas. (Figura 35)

Esta sucesión de acontecimientos debe ser aprovechada por el entomólogo para identificar LI, LII, o LIII en base a los cambios anatómicos, relacionarlos con las fases de descomposición del cadáver y determinar la correcta datación de la muerte. (Figura 37)

Mostraremos un ejemplo de tales herramientas para datación, llevando a cabo diferentes patrones de anatomía comparada entre una misma área anatómica de la larva de *Calliphora vicina* referidas a los tres estadios larvarios.



Figura 36- Detalle de las estructuras de la cabeza. Anatomía al servicio de la fisiología necesaria para la datación de la muerte. (Ratsep, E, 2013)



Figura 37- Pupa y adulto eclosionando. (Pradera, C., 12-2013)

LI LII LIII Calliphora vicina: anatomía comparada y su relación con la datación de la muerte

Basándonos en la anatomía comparada del aparato bucal de las larvas LI, LII y LIII correspondientes a la especie necrófaga *Calliphora vicina*, podremos establecer una referencia aproximada en lo que respecta a datación de la muerte.

Para ello comparamos una misma estructura (aparato bucal) presente en los tres estadios larvares, estructura que manifiesta diferente morfología y/o modificaciones anatómicas en función de los requerimientos fisiológicos de la especie durante su evolución en distintas fases larvares. (Figura 38)

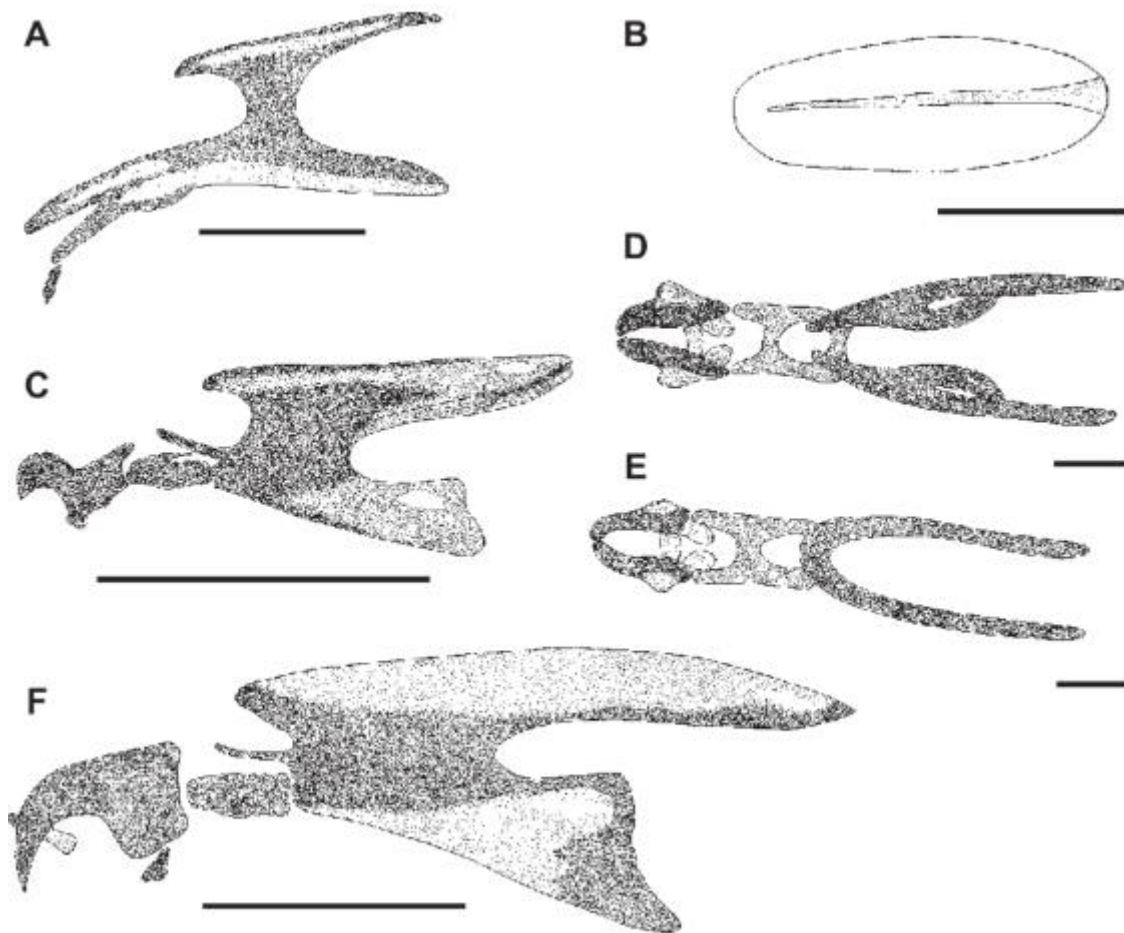


Figura 38- Estructura (aparato bucal) presente en los tres estadios larvares.

A- Aparato bucal LI Calliphora. Imagen lateral

- B- Huevo Calliphora
- C- Aparato bucal LII Calliphora. Imagen lateral
- D- Aparato bucal LII Calliphora. Imagen ventral
- E- Aparato bucal LII Calliphora. Imagen dorsal
- F- Aparato bucal LIII Calliphora. Imagen lateral

Tal y como se aprecia en las imágenes el aparato bucal es morfológicamente diferente dependiendo del estadio larvario presente en el cadáver.

Así mismo, las diferentes piezas que lo constituyen también varían a lo largo del proceso evolutivo larvario de *Calliphora vicina*

Conociendo el C.B. de la especie, los distintos factores que influyen sobre el mismo, y los tiempos de desarrollo de LI, LII, y LIII, podremos establecer con mayor certeza la datación de la muerte. Es por ello un aspecto a considerar para el correcto cálculo del IPM.

8.7.- Conocimiento estricto de ciclos biológicos en entomología

Concepto clave y primordial al enfrentarse al estudio de datación de la muerte, base de la entomología forense.

El CB (Ciclo Biológico) precisa de conocimientos añadidos en materias de metabolismo entomológico, anatomía y fisiología entomológica, e inclusive en parasitosis y patologías de la fauna entomológica.

La generación de gases producidos como consecuencia de la degradación de principios inmediatos orgánicos del cadáver (Lípidos, proteínas, hidratos de carbono y azúcares), conforman un elemento de atracción de la entomofauna. Gases como el amoníaco, ácido sulfúrico, CO₂, o nitrógeno libre, conforman el inicio de la presencia del estudio entomológico. (González, 1997; Campobasso et. al, 2001)

Dípteros, mayoritarios como primeros necrófagos (familias Calliphoridae, *Calliphora vicina*, y Sarcophagidae, *Sarcophaga carnaria*), son atraídos por las partículas odoríparas desprendidas de estos gases.

El conocimiento de los CB de estos primeros “moradores” cadavéricos, etapas, duración, y características, es clave para establecer la datación de la muerte. Las hembras de estos dípteros depositan los huevos en las aperturas naturales del cadáver, e incluso en heridas producidas en el mismo.

La familia Sarcophagidae, a diferencia de Calliphoridae, no produce huevos, sino que directamente deposita las larvas en el cadáver, por ello los procesos de

descomposición cadavérica serán diferentes temporalmente hablando, hecho determinante en la datación de la muerte.

El estadio de huevo tiene un desarrollo cronológico entre 24-72 horas dependiendo de la especie, hecho de nuevo diferenciador en datación. Análisis de los huevos y su estado embrionario enmarcan el tiempo de ovoposición y en consecuencia la datación de la muerte.

Dependiendo del estado nutricional de la hembra y su tamaño corporal el número de huevos es variable, lo que enlazaría con el factor de masa larval descrito anteriormente y sus consecuencias en temperatura y por ende en datación.

Criminalística y entomología forense se unen en datación en base a traumas o heridas presentes en el cadáver, las oviposiciones más tempranas de los dípteros (mayor precocidad temporal en la presencia de larvas) se presentan en heridas, lo que conlleva una descomposición cadavérica "in crescendo" temporalmente, y por consiguiente, variaciones en datación respecto a cadáveres sin heridas ni traumatismos.

La oviposición de igual modo en zonas específicas como la expuesta con el sustrato (cadáver/sustrato), zona de mayor acúmulo de líquidos corporales, humedad adecuada y estabilidad térmica, son vinculantes a la datación de la muerte.

En conclusión, los CBs de cada género, e incluso especie, encierran una diversidad de innumerables factores, pero todos ellos decisivos en la precisión de datación de la muerte.

De ahí surge la necesidad actual de modelos informáticos o aplicaciones desarrollados para incorporar cada vez más datos que sean clave en datación, acúmulo de datos inviables de cuantificar, valorar y compara si no se recurre a un modelo informático.

Datos únicos y específicos, pero también grupos de datos procedentes de estudios comparativos entre especies de entomofauna. Precisamente son esos grupos de datos los que permiten diferenciar especies y por ello establecer una mayor precisión y coherencia a la datación cadavérica.

A destacar la incorporación de la epidemiología como ciencia complementaria en datación forense. Ciencia de profunda base informática actualmente.

Ciencia que no solo nos otorga información ofrecida por los diferentes estudios epidemiológicos referidos a entomofauna, referidos a datación, referidos a estadísticas de mortandad, sino que es una herramienta verdaderamente útil para el desarrollo de modelos informáticos u apps.

Estudios de cohortes, estudios de factores de riesgo / protección extrapolados al área que nos ocupa, y modificados para conformar estudios que legitimen el uso de factores determinantes de datación vistos en este trabajo ¿es relevante la temperatura o no?, ¿Con qué factor de probabilidad puedo asegurar que la

temperatura es un factor determinante en datación de la muerte?, ¿o acaso es un factor inocuo?

Podríamos hablar de una función “notarial” de la epidemiología en modelos informáticos aplicados a la medicina forense.

Hemos esbozado algo que se ha visto desarrollado a lo largo de este estudio, la necesidad de los trabajos multidisciplinarios en medicina humana / veterinaria, y la vital herramienta de modelos informáticos para llevar a cabo tales trabajos.

8.8.- Parámetros

A partir de lo expuesto, podemos destacar algunos parámetros a considerar:

- Temperatura
- Masa larval
- Comportamiento diurno / nocturno
- Fármacos / drogas
- Localización geográfica
- Factores abióticos
- Existencia de heridas

En el caso de la existencia de heridas, existen datos que nos indican que, al estar dos cuerpos expuestos a la vez, uno con heridas o traumas y otro sin ellos, el que presenta las lesiones se descompone mucho más rápidamente que el que no presenta traumatismos debido a que la mayoría de las moscas son atraídas por las heridas, donde tienen lugar muchas de las ovoposiciones más tempranas (Mann et al., 1990).

Tampoco hay que descartar como lugar de puesta la zona de contacto del cuerpo con el sustrato, posiblemente porque en esa zona es donde se acumulan los fluidos corporales, lo que provee una humedad adecuada, así como una temperatura más estable (Anderson & Vanlaerhoven, 1996).

Existen innumerables referencias de la temprana llegada de los dípteros al cuerpo una vez acaecida la muerte; también existen referencias sobre la presencia de puestas en cuerpos aún con vida, bien por la existencia de heridas abiertas o por procesos inflamatorios purulentos (Nuorteva, 1977).

Todos estos parámetros condicionan la existencia, desarrollo o parasitación, de las diferentes especies que actúan durante la descomposición. Por tanto, necesitamos caracterizar cada especie según estos parámetros, u otros nuevos de los sean dependientes. En el capítulo anterior tenemos a varias especies caracterizadas según la cronología de parasitación del cadáver. Esta información es incorporada en el algoritmo de cálculo de la datación de la muerte.

8.9.- Almacenamiento de datos

Las bases de datos son unas herramientas para recoger y organizar información. Estas pueden almacenar información sobre personas, productos, pedidos u otras cosas. Muchas bases de datos comienzan como una lista en una hoja de cálculo o en un programa de procesamiento de texto, que es un conjunto coordinado de información perteneciente al mismo contexto, y al incorporarse a una base de datos, está organizada de tal manera que es accesible y gestionable fácilmente.

En nuestro caso necesitamos que sea posible incorporar nuevas especies, características, o dependencias, y no puede ser un número de datos fijos como ceñirnos a la cronología del diagrama de cronosucesión (Figura 32). Como método / estructura se propone utilizar una Base de Datos Relacional (BDR). En una BDR, todos los datos se almacenan y se accede a ellos por medio de relaciones previamente establecidas. Con esta base de datos podemos almacenar sin límites el número de especímenes con sus características.

Primero tenemos que decidir cuál es la estructura de los datos que almacenará la base en forma de tablas. Cada tabla tiene un nombre y contiene varios campos, uno de ellos es la clave que identifica a cada registro de la tabla. La definición de tablas propuestas para la base de datos es:

- Tabla “Especimen”

Campos:

IDEspec: Campo clave, identifica al espécimen, Ej. “IDespe0023”

Orden: Orden del espécimen. Ej. “Díptera”

Familia: Familia del espécimen. Ej. “Calliphoriade”

Genero/Especie: Genero o especie del espécimen. Ej. “Lucilia cuprina”

Condición: Larva, huevo, adulto, etc.

Presencia: Rango de presencia en el cadáver. Horas, días, o meses.

En esta tabla se almacenan los datos característicos del espécimen, pueden ser fisiológicos o datos como a la familia que pertenecen.

- Tabla “Temperatura”

Campos:

IDEspec: Campo clave de tabla espécimen. Ej. “IDespe0023”

Rango: Rango de temperatura.

Alteración: Efecto en la cronología.

Efecto: Desplazamiento del peso cronológico.

Se almacena cómo influye la temperatura a un espécimen, como el desarrollo, periodos activos u otros factores.

- Tabla “Masa larval”

Campos:

IDEspec: Campo clave de tabla espécimen. Ej. “IDespe0023”

Número: Tamaño de la masa.

Alteración: Efecto en la cronología.

Efecto: Desplazamiento del peso cronológico.

Detalles característicos de la masa larval.

- Tabla “Comportamiento” (diurno / nocturno)

Campos:

IDEspec: Campo clave de tabla espécimen. Ej. “IDespe0023”

Tipo: diurno / nocturno.

Alteración: Efecto en la cronología.

Efecto: Desplazamiento del peso cronológico.

Los patrones de comportamiento según los periodos de luz.

- Tabla “Fármacos” (drogas)

Campos:

IDEspec: Campo clave de tabla espécimen. Ej. “IDespe0023”
Tipo: Fármaco.
Alteración: Efecto en la cronología.
Efecto: Desplazamiento del peso cronológico.

Capacidad para metabolizar fármacos, influencia en su ciclo biológico.

- Tabla “Abióticos”, factores

Campos:

IDEspec: Campo clave de tabla espécimen. Ej. “IDespe0023”
Factor: El factor abiótico.
Alteración: Efecto en la cronología.
Efecto: Desplazamiento del peso cronológico.

Influencia de factores como humedad, zonas umbrías, medio acuático, u otros.

- Tabla “Heridas”

Campos:

IDEspec: Campo clave de tabla espécimen. Ej. “IDespe0023”
Tipo: Tipo de herida.
Alteración: Efecto en la cronología.
Efecto: Desplazamiento del peso cronológico.

Como puede influir la existencia de heridas en el cadáver, como vía de acceso.

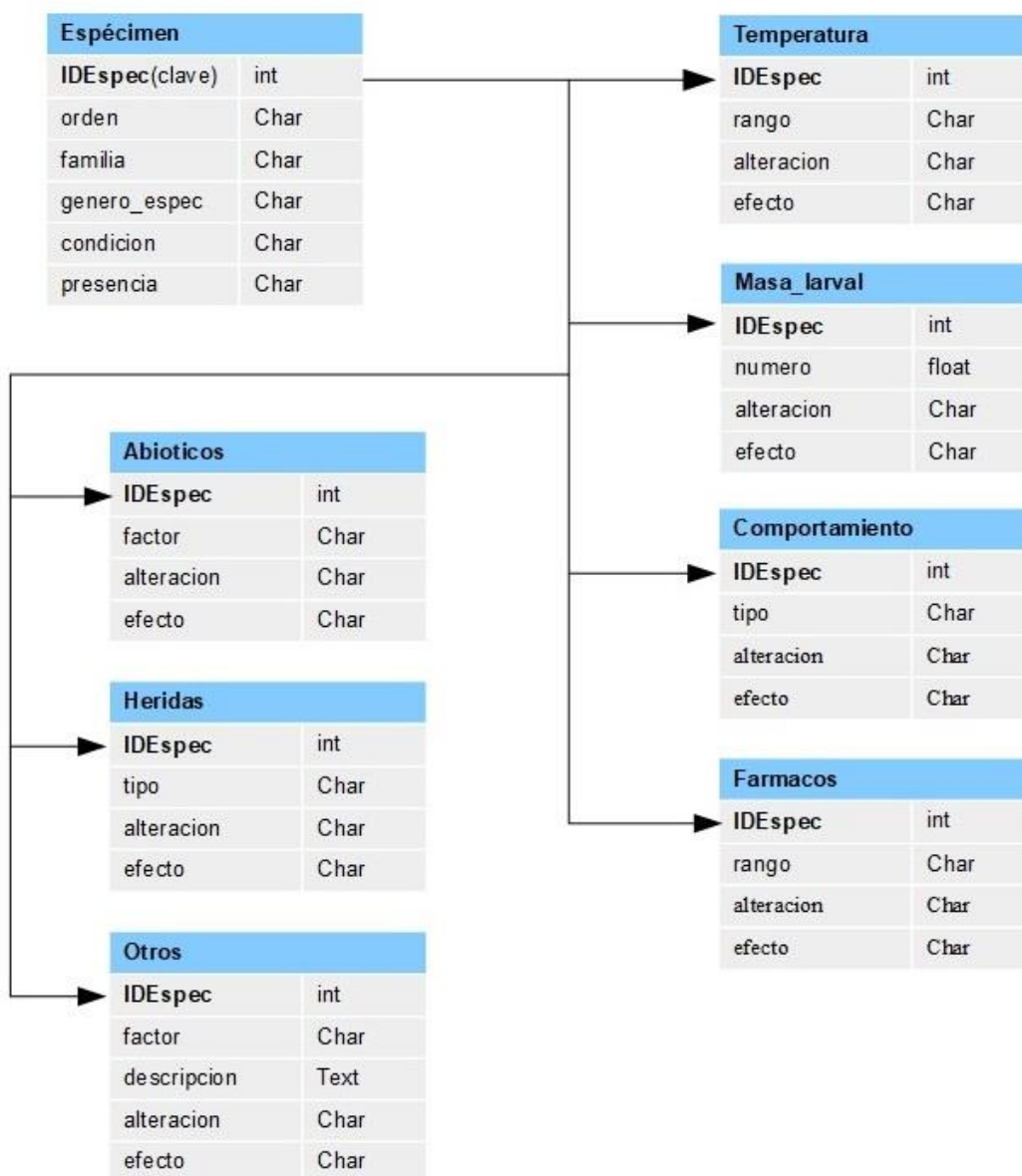
- Tabla “Otros”, factores

Campos:

IDEspec: Campo clave de tabla espécimen. Ej. “IDespe0023”
Factor: El factor no contenido.
Descripción: Descripción del factor y sus dependencias.
Alteración: Efecto en la cronología.
Efecto: Desplazamiento del peso cronológico.

Se almacenan los diferentes factores, no contemplados en las otras tablas, de un espécimen, como el hábitat, otros organismos como los hongos, ácaros, flora específica, propiedades del terreno, entre otros.

Estructura de la base de datos:



8.10.- Adaptación del algoritmo

En este caso la asignación de pesos a los diferentes especímenes es igual que en el capítulo anterior, la diferencia es considerar los factores que influyen en la cronología, que, por ejemplo, adelantan o atrasan los días de aparición de un espécimen.

Nos referimos a factores tan influyentes que desglosan la cronología por su inferencia en dos conceptos:

- Cronología referida a las fases de descomposición del cadáver
- Cronología referida al ciclo biológico de cada espécimen

Un factor que inferencia de tal manera que suponga el adelanto en la aparición de un espécimen, no tiene porqué inferir del mismo modo adelantando el desarrollo del ciclo biológico del espécimen.

Este concepto se manifiesta en entomotoxicología, un factor como la elevada temperatura que infiera acelerando la descomposición del cadáver, no tiene porqué suponer una aceleración en la misma proporción sobre el ciclo biológico del espécimen, no acelera el desarrollo de los diferentes estadios larvales, puede incluso estar sujeto a un factor de mayor peso que retrase la cronología del espécimen.

LI de *Calliphora vicina* a pesar del aumento de temperatura que supondría una aceleración en la descomposición del cadáver, puede verse sometida a un retardo o incluso inhibición en el desarrollo a LII. Su presencia en un cadáver en cuyos tejidos y fluidos corporales se determine la presencia de estupefacientes, verá disminuida o inhibida la misma, a pesar de las elevadas temperaturas presentes en el lugar de hallazgo del cadáver, debido al depósito tisular de estupefacientes en LI. El paso de LI a LII no viene determinado en este caso por el aumento de temperatura, el verdadero condicionante, los estupefacientes, son los que “deciden” la aceleración cronológica por encima del factor “aumento de temperatura”

En un matriz de ocurrencia (tabla 4) vemos la de cuatro dípteros, de un modelo estudiado durante los siete primeros días. Si la temperatura es alta, puede existir un adelanto de 24 horas en la aparición de *Lucilia cuprina*, y encontrarse el tercer día. También se adelantará la forma de larva apareciendo a partir del día cuarto día.

Entomofauna			Días						
Orden	Familia	Género/Especie	1	2	3	4	5	6	7
Díptera	Calliphoriade	<i>Chrysomya megacephala</i>	0	0	A	H-L-A	H-L-A	L-A	L-A
		<i>Chrysomya albiceps</i>	0	0	H-A	H-L-A	L-A	L-A	L-A
		<i>Lucilia cuprina</i>	0	0	0	A	L-A	L-A	L-A
		<i>Cochliomyia macellaria</i>	0	0	0	0	A	A	0

Tabla 4 – Matriz de ocurrencia de la entomofauna utilizando como modelo vísceras de res. A = Adulto, L = Larva, H = Huevo. (Núñez, R. 2014)

Como ejemplo, si tenemos asignamos un peso de 20 a los especímenes, y combinamos la aparición de *Lucilia cuprina* y *Cochliomyia macellaria*, la distribución de probabilidad entre los días 1 a 7 con baja y alta temperatura (tabla 5) (Peso global: $20 + 20 = 40$, es el 100%):

Lucilia:

Peso dividido entre los días que aparece (4): $20/4= 5$ es el peso por día

Cochliomyia:

Peso dividido entre los días que aparece (2): $20/2=10$ es el peso por día

A continuación, sumamos los pesos de cada espécimen en cada día que aparecen:

Peso suma para un día(d): peso *Lucilia* + peso *Cochliomyia* = Peso total día.

Probabilidad de un día (%) = (peso suma día * 100) / Peso global

Cálculo de sumas y probabilidades para temperatura baja

Día 4

Suma (d4) = $5 + 0 = 5$ Probabilidad (d4) = $(5 * 100) / 40 = 12,5\%$

Día 5

Suma (d5) = $5 + 10 = 15$ Probabilidad (d5) = $(15 * 100) / 40 = 37,5\%$

Día 6

Suma (d6) = $5 + 10 = 15$ Probabilidad (d6) = $(15 * 100) / 40 = 37,5\%$

Día 7

Suma (d7) = $5 + 0 = 5$ Probabilidad (d7) = $(5 * 100) / 40 = 12,5\%$

Temperatura baja		Temperatura alta	
Día	Probabilidad %	Día	Probabilidad %
1	0	1	0
2	0	2	0
3	0	3	12,5
4	12,5	4	12,5
5	37,5	5	37,5
6	37,5	6	37,5
7	12,5	7	0

Tabla 5 – Distribución de probabilidad

Cálculo de sumas y probabilidades para temperatura alta

Día 3

$$\text{Suma (d3)} = 5 + 0 = 5 \quad \text{Probabilidad (d4)} = (5 * 100) / 40 = 12,5\%$$

Día 4

$$\text{Suma (d4)} = 5 + 0 = 5 \quad \text{Probabilidad (d5)} = (15 * 100) / 40 = 12,5\%$$

Día 5

$$\text{Suma (d5)} = 5 + 10 = 15 \quad \text{Probabilidad (d6)} = (15 * 100) / 40 = 37,5\%$$

Día 6

$$\text{Suma (d6)} = 5 + 10 = 15 \quad \text{Probabilidad (d7)} = (5 * 100) / 40 = 37,5\%$$

Se trata de un cálculo sencillo que se resume en la tabla 5, en la que se puede observar cómo afecta a la predicción que la temperatura sea baja o alta. En este caso es cálculo es fácil de hacer, pero se complica y se hace muy laborioso, cuando aumenta el número de factores y especímenes que aparecen, resultando complicado de calcular. El sistema de asignación de pesos es sencillo de comprender y escalable a un número alto de factores funcionando igual, obteniéndose un resultado.

8.10.1.- Diseño del algoritmo

Para describir el funcionamiento del algoritmo se muestra el diagrama de flujo. (Figura 39)

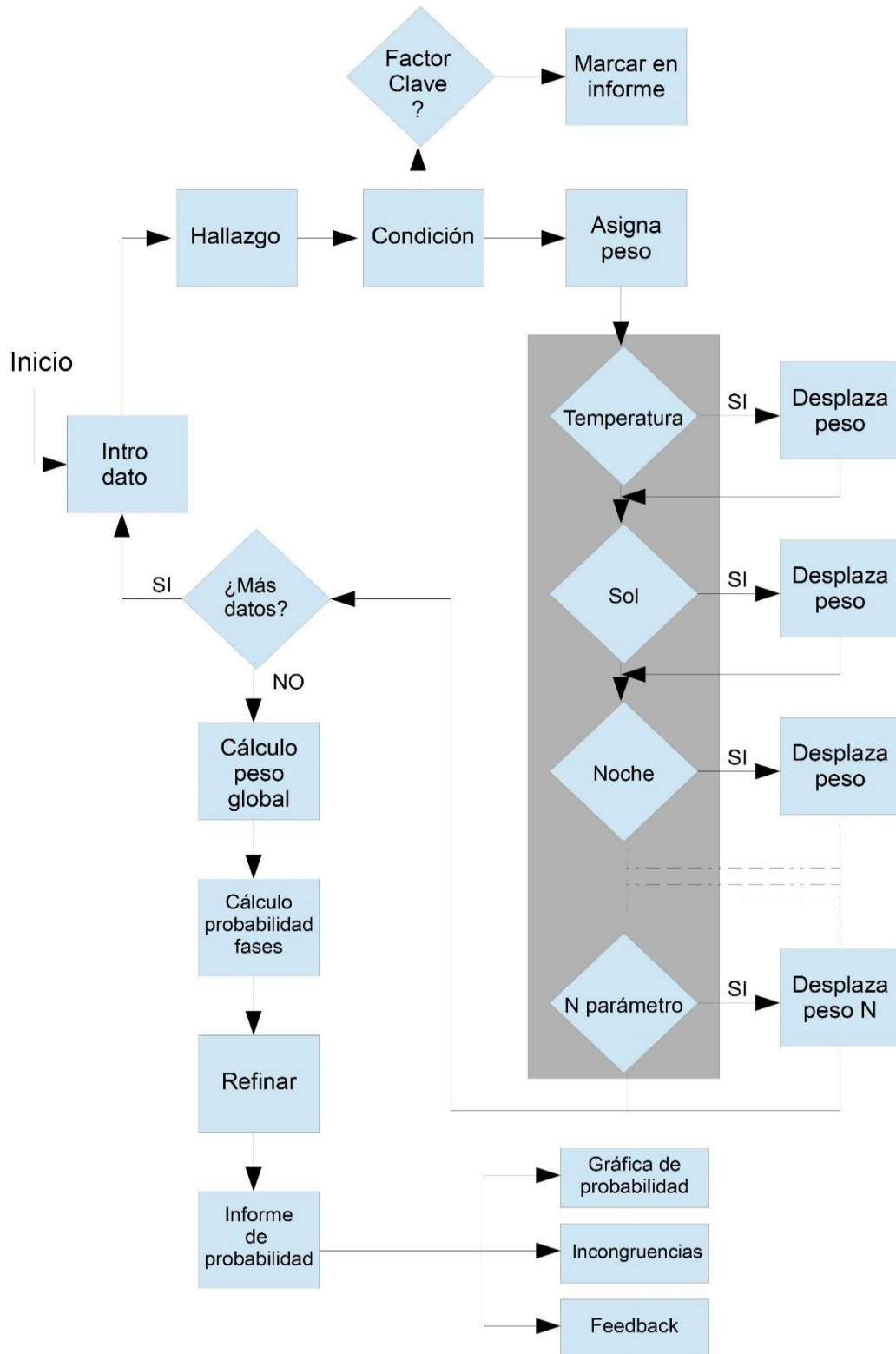


Figura 39- Diagrama de flujo

Los diferentes factores sometidos a la asignación de peso, deben con anterioridad someterse a cálculos epidemiológicos posteriores a la recopilación de datos procesada en los estudios de campo iniciales

Tal “auditoría” epidemiológica es básica para la determinación precisa, fiable y veraz de los “candidatos” a factores a considerar. Además, hemos asignado el mismo peso a todos los especímenes en los ejemplos, pero se puede asignar diferentes pesos según la influencia que tienen en la datación, si esta es diferente. También se ha expresado las modificaciones de las ocurrencias cronológicas como un “desplazamiento” de está, pero se pueden dar otras modificaciones como acortamiento o alargamiento del periodo de ocurrencia.

La base de datos será cargada con los datos disponibles de los especímenes. Para ello el programa tendrá una interface que permitirá la gestión de los datos, entradas, salidas y posibles modificaciones. Cada espécimen tendrá datos en las tablas de los parámetros que le influyen, unos tendrán varios y algunos uno solo. En la tabla “Otros” entrarán todos los factores que no están predefinidos con tablas, como “Temperatura”. Con los campos “factor” y “descripción”, se define el factor.

Una vez que tenemos los datos cargados, el algoritmo empieza a la izquierda en “Inicio”, accediendo a la función “Intro dato”. El programa presentará una interface con los campos necesarios para introducir los datos del espécimen y la fecha/hora del hallazgo.

La función “Hallazgo” busca el espécimen en la base de datos y obtiene su clave de identificación “IDEspe”. Con esta clave y las relaciones entre tablas obtienen los diferentes parámetros que le afectan según su condición. Si se detecta un factor que es importante o determinante para la datación, lo señala para destacar en el informe.

Siguiendo el diagrama de flujo, a continuación, se asigna el peso para ese espécimen, y después se buscan todos los factores que le afectan, mediante un bucle que consulta todas las tablas, y las posibles definiciones en la tabla “otros”, que coincidan con su identificador “IDEspe”. En los registros encontrados se aplican los desplazamientos de peso uno por uno hasta obtener el peso total desplazado.

Termina volviendo a la interface de introducir datos, si hay más especímenes se introducen, sino, el programa pasa a calcular el peso global, después la probabilidad por fases o fechas, como en la distribución de probabilidad anterior (tabla 5). Pueden existir unas fases de “refinamiento”, en las cuales se obtengan cálculos de días concretos o periodos más pequeños que el cálculo general.

Por último, se puede obtener un informe de probabilidad, que contenga diagramas de probabilidad por periodos, que ayudarán visualmente a interpretar el resultado. Señalará las incongruencias de datos que puedan existir, por ejemplo, especímenes muy alejados en el tiempo, como fase “fresco” y “esquelética”.

Si la base de datos contiene descripciones, anotaciones, indicaciones, u otra información que pueda ser útil para el forense, puede ser mostrada en el informe para documentar los resultados del cálculo. También se mostrarán resaltadas las condiciones clave que se encuentren.

9.- Utilización de marcadores moleculares en entomología forense

9.1.- Introducción

Desde la identificación forense, basada en el primigenio análisis macroscópico de consideración morfoanatómica, hasta la identificación por microscopía óptica, electrónica, e inclusive 3D, el salto en la evolución técnica siguió una relativa lenta evolución.

Con el desarrollo actual en tecnología, dicha evolución es constante, vertiginosa y exponencialmente avanzada. La utilización de técnicas de identificación forense, basadas en la secuenciación del DNA y el uso de marcadores moleculares, nos pone a disposición una de las etapas más precisas en la identificación entomológica forense.

Tres características del material genético nos permiten la utilización de dichas técnicas:

- **Inmutabilidad** del DNA en todas las fases del ciclo de vida de los insectos
- **Total ubicuidad** del DNA en todos los tejidos
- **Estabilidad** del DNA

Marcadores moleculares en entomología forense

La extracción, amplificación y secuenciación del DNA, especialmente el DNA mitocondrial, nos permite abarcar la resolución del estudio entomológico forense en etapas, y/o con condiciones difícilmente estudiadas con técnicas anteriores.

Las etapas inmaduras (larva y pupa) en entomología forense, representaron hasta ahora un escollo considerable en la identificación de especies. Con la utilización de marcadores moleculares, en comparativas de fases inmaduras de entomofauna, el avance en precisión y fiabilidad ha permitido superar estas dificultades.

Del mismo modo, la presencia de entomofauna deteriorada en el cadáver, no representa actualmente un factor adverso para dicha identificación de especie.

Gracias al **Barcode Of Life Project** (<https://ibol.org/>) podremos identificar con unívoca precisión la especie de entomofauna de nuestro estudio, mediante la utilización de una ó varias secuencias de DNA.

El gen más utilizado para la identificación de insectos es el COI, un gen mitocondrial que codifica para la subunidad I de la citocromo oxidasa. La región COI utilizada por el Barcode Of Life Project tiene una longitud de alrededor de 648 pb.

El gen COI completo tiene 1535 pb, pero es precisamente esa región de 648 pb, dada su baja variabilidad intraespecífica y a su vez elevada variabilidad interespecífica, la utilizada mayoritariamente para la identificación de especies en entomología forense. Además esta región de 648 pb del gen, COI se caracteriza por la presencia de regiones flanqueantes altamente conservadas dentro de cada especie.

Hay autores que prefieren utilizar secuencias de mayor longitud (como veremos más adelante) e incluso varias regiones del gen COI, para la identificación entomológica. En base a ello se utilizan varias parejas de oligonucleótidos como cebadores para la amplificación del DNA por PCR.

Existe un elevado número de cebadores utilizados para la identificación forense de especies de la familia Calliphoridae. Estos cebadores nos permiten amplificar las regiones del gen COI de las distintas especies de la familia Calliphoridae

La obtención de secuencias más largas que las producidas por cebadores universales, nos permiten aumentar la resolución de la identificación de la especie, e incluso aumentar esa misma resolución entre poblaciones diferentes de esa misma especie. Esta gran disponibilidad de cebadores, diferentes tamaños de secuencias y diferentes regiones a amplificar del gen COI, no implica en sí misma, una mayor capacidad de precisión en la identificación de la especie en entomología forense.

Las necesidades que requiera el estudio entomológico forense en particular, son las que determinan el empleo de unos u otros cebadores, para poder amplificar las regiones del gen COI que nos serán de verdadera utilidad. La previa elección de cebadores, se hace condición indispensable referenciarse a los bancos de genes para obtener la fiabilidad necesaria.

No definir estas necesidades con anterioridad a nuestro estudio forense nos conducirá a sesgos considerables en los estudios bioinformáticos.

9.2.- Tailandia: paraíso o infierno del barcode en entomología forense

La gran biodiversidad de entomofauna que concurre en este país representa un auténtico reto para los entomólogos forenses. Tal biodiversidad permite obtener un inestimable banco de barcode en estudios bioinformáticos aplicados a entomología forense. Dada tal extensión dicho reto conlleva una elevada complejidad.

El barcode del ADN utiliza secuencias de nucleótidos, en secuencias particulares del genoma, para identificar tales especies de insectos. Existen 93 especies de moscas azules, pertenecientes a 27 géneros, que son de interés forense en Tailandia. Además, 83 especies de moscas de la carne, pertenecientes a 29 géneros, se suman a este interés

Un campo tan extenso de entomofauna requiere el empleo de herramientas informáticas, herramientas que nos permiten analizar los bancos de datos disponibles, tanto para el gen COI mitocondrial de diferentes especies como para los genes del RNA nuclear 28s.

Entre tales herramientas disponemos de la herramienta Web ABGD (Automatic Barcode Gap Discovery) (Puillandre et al, 2012)

Estudios llevados a cabo en este país revelan que no sólo la utilización del gen COI, concretamente su región de 628pb, utilizado como marcador molecular para la identificación de especies, representa un gran avance en la entomología forense del país, sino que genes del RNA nuclear 28s, son en sí mismos fiables para la identificación de la entomofauna Tailandesa de interés forense. (Villet et al, 2009)

9.3.- Barcode COI identificación molecular entomofauna en Alemania de interés forense

De modo análogo a Tailandia, la utilización del Barcode como identificación en la entomofauna forense alemana, genera una nueva base de datos a nivel mundial. La utilización de Barcodes es extensible tanto a familias de dípteros Calliphoridae, Phoridae, Sarcophagidae como a familias de coleópteros. (Boehme et al, 2012)

Se necesitan marcadores moleculares para identificar especies muy estrechamente relacionadas cuando las poblaciones se superponen. Por ejemplo, en Alemania, dos especies presentes en la musculatura de cadáveres *Lucilia illustris* y *Lucilia caesar*, presentan sin embargo diferentes tasas de crecimiento.

Mediante una identificación morfológica no sería posible la diferenciación entre estas dos especies, y en consecuencia serían clasificadas como una

misma especie. Esto supondría un sesgo en el estudio postmortem, llevando a determinaciones erróneas del PMI (intervalo postmortem).

Los genes del ADN mitocondrial (COI) son más variables que los genes nucleares y por lo tanto más precisos a la hora de identificar con mayor fiabilidad la especie a determinar comparativamente.

En casos como estas dos especies del género *Lucilia*, a diferencia de lo que ocurría con especies de *Thailandia*, donde el uso de marcadores moleculares (regiones) de genes del RNA nuclear servía como datos fiables para la identificación de especies, se precisa la utilización de marcadores moleculares del gen COI para conseguir esa fiabilidad en la identificación de especie y así conocer la especie con diferente tasa de crecimiento lo que nos permitiría conocer con mayor exactitud el PMI.

Dependiendo de países, laboratorios, científicos se utilizan unos u otros marcadores moleculares (el más ampliamente utilizado es la región de 648 pb del gen COI). Ello nos plantea la necesidad de unificar y coordinar los protocolos y marcadores moleculares para la identificación de especies de entomofauna de interés forense.

Los tribunales exigen fiabilidad y trazabilidad, aspectos que conducen hacia una estandarización en los estudios aplicados con marcadores moleculares. En resumen, a Barcodes referenciados y acreditativos con independencia del país, laboratorio o equipo forense que lo lleve a cabo.

10.- Discusión

Antes de empezar a elaborar el estudio se pusieron a prueba los códigos QR y Data Matrix para comprobar su funcionamiento y posibilidades. Se imprimieron códigos en diferentes soportes: etiquetas, papel, cartulina y soportes de diferentes colores. Para comprobar la lectura a distancia se imprimen códigos de varios tamaños y en fondo de color claro, medio y oscuro. Se comprobó que los códigos con un fondo contrastado tenían mejores resultados para su lectura.

Para la colocación se probaron en exteriores e interiores, en sitios altos y a ras del suelo y sitios poco accesibles con lectura inclinada. Esto nos aportó que las superficies brillantes causan problemas tanto en interiores como exteriores, en unos por el reflejo de los focos de iluminación o de la luz de las ventanas, y en el otro caso por el reflejo de la luz solar.

Se utilizaron dos programas de lectura de códigos para ver sus diferencias: CamQR (Barcode, Datamatrix, QR) de MrEliptik, y Qr Code Reader de Scan. Las dos son aplicaciones para el sistema Android. Se comprobó que los lectores de códigos son muy eficaces, leen hasta con un alto grado de inclinación, a cierta distancia, con algo de desenfoque en la imagen, y con poca luz. De aquí se observó que los programas no son un problema a la hora de utilizar códigos QR.

Se crearon los códigos QR y Data Matrix evitando en lo posible todos los inconvenientes encontrados durante el análisis. Se utilizaron soportes mate, y cinta adhesiva sin brillo, con una impresión sobre fondo contrastado. También se cuidó el posicionamiento de los códigos, para que se pueden leer de frente, a una distancia de al menos 50 cm.

Durante la experiencia ningún participante comunico problemas con la lectura de los códigos, resultado ser accesibles y mostraron adecuadamente la información en la pantalla. Tampoco tuvieron problema en instalar las App de Android / Apple en smartphones o tabletas.

Respecto a otras experiencias, el uso de códigos QR en la educación de ciencias de la salud, tiene varias que son revisadas por Karia (2019), concluyendo, que el uso de códigos QR para la educación sanitaria está aumentando, y se obtienen varias ventajas. En las experiencias realizadas hasta ahora se han obtenido buenos resultados. En nuestro caso con códigos QR y Data Matrix, han tenido buena aceptación entre alumnos y profesores, permiten el acceso a la documentación de los laboratorios con facilidad, ayuda al manejo de los aparatos, su mantenimiento, e incluso permite acceder a los guiones de prácticas para los alumnos. También se indica la necesidad de la provisión de la infraestructura tecnológica necesaria, que precisamente es proporcionada por nosotros en este estudio, ya que se observó como algo necesario en el uso de códigos QR, y uno de los propósitos de esta tesis.

Para la digitalización de la documentación en laboratorios no existen experiencias previas con las que comparar los resultados. Podemos comparar

con algún estudio en parte similar con códigos QR, en vez de Data Matrix, como es el caso de Park (2019) que desarrolla y evalúa la efectividad de un programa de educación en enfermería, basado en códigos de respuesta rápida, para mejorar la competencia de las enfermeras de operaciones y salas de recuperación. Después de probar el programa durante 40 días, las actitudes de las enfermeras hacia varios dispositivos médicos fueron significativamente menos negativas. Las enfermeras pudieron utilizar una gran cantidad de dispositivos médicos y estaban muy satisfechas, y dispuestas a participar en el programa educativo de enfermería de respuesta rápida basado en códigos. Estos resultados son similares a los nuestros, en los que tener códigos en el laboratorio para acceder a documentación es muy positivo para los alumnos.

Una experiencia también cercana a nuestra propuesta es la de Downer et al. (2016). En ella realizaron un estudio piloto con estudiantes de enfermería y obstetricia, en el que los códigos QR (en nuestro caso Data Matrix) fueron utilizados en el laboratorio de la clínica para mejorar el aprendizaje. Se colocaron códigos QR en el equipo que los estudiantes estaban aprendiendo a usar, y vinculado a unos videos que mostraban las mejores prácticas de utilización para recordarles a ellos cómo usar el equipo.

Por otra parte, con el contexto de la enfermedad COVID-19, es muy adecuado reducir al máximo los recursos compartidos físicamente entre los alumnos. Hojas, folletos, o libros, que con el uso de códigos no ha sido necesaria la desinfección de los mismos cada vez que los usa un usuario. Esto es una disminución del riesgo y un trabajo menor de limpieza. La digitalización de la documentación de seguridad, instrucciones y formación en los laboratorios, realizada en este estudio ha mostrado ser útil para este cometido y disminuyendo el contacto con materiales utilizados por otros.

Además, la digitalización de la documentación va en consonancia con las directivas europeas que acuerdan la digitalización de la documentación, como la de los prospectos de las medicinas (AEMPS, 2015).

El único resultado que no es positivo en el cuestionario, es la respuesta a la pregunta si ven adecuado dejar de compartir “documentos en papel”, a lo que responden no estar muy de acuerdo con ello. Cambiar de un medio de información analógico a uno digital, parece no ser fácil para algunos alumnos, y eso que se trata de personas jóvenes, nativos digitales. Esto es acorde la Teoría de Difusión de Innovaciones (TDI) de Rogers (figura 1), en la que la edad no es lo que condiciona pertenecer a un grupo u otro a la hora de adaptarse, sino el contexto, educación y actitudes de cada usuario en el uso de nuevas tecnologías. De hecho, los rezagados junto con la mayoría tardía, corresponden con el 50% de la población.

Para la audioguía del museo MAM se elaboraron de forma similar los códigos, en este caso de tipo QR. También se utilizaron adecuadamente y no se reportó ningún problema.

Se han obtenido plantillas, referencias, mecanismos para convertir los textos en voz digitalizada natural, herramientas para la creación / edición de los videos, y la ayuda necesaria para que cualquier docente pueda repetir la experiencia diseñada, lo que apoya la hipótesis de nuestro estudio.

En comparación con la audioguía existe algún estudio similar. Destaca el de Mogali (2018) que incorpora códigos QR a un museo médico para la formación en anatomía y patología. Sus resultados sugieren que los códigos QR no solo son efectivos para el aprendizaje de los estudiantes, sino que también mejoran su experiencia de exploración con los especímenes del museo. Sus resultados son obtenidos a partir de cuestionarios realizados a los alumnos, en comparación con los nuestros que son de cuestionarios realizados a los profesores. Ambos coinciden en que esta tecnología es útil para su aprendizaje, hay muy buena aceptación por parte del profesorado. Como se comentó anteriormente, el número bajo de encuestas realizadas no nos permite generalizar fuera de nuestro entorno, es necesario realizar más experiencias para comparar los resultados.

Se complementó el estudio con desarrollo de propuestas para la realización de actividades interactivas, creando también la documentación necesaria para realizarlas, tales como código fuente de las páginas web necesarias y el material. Estas aportan plantillas, instrucciones y guías de desarrollo de las diferentes experiencias planteadas como resultado.

Existe la experiencia de Jamu (2016) en la que se utilizan códigos QR como actividad interactiva siguiendo el paradigma Just in Time Learning (JIT-L), que consiste en que la formación estará disponible exactamente cuándo y cómo la necesite el alumno. Se generaron códigos QR para cada tema y se colocaron en ubicaciones relevantes en una sala médica. Se brindó apoyo y capacitación al personal. Se realizaron análisis de sitios web y entrevistas semiestructuradas para evaluar la eficacia, aceptabilidad y viabilidad del uso de códigos QR para facilitar el aprendizaje Just in Time. Este estudio es similar al nuestro, ya que nosotros proporcionamos la información del laboratorio de la misma manera, justo en el sitio y momento adecuado, aunque no tuviéramos este paradigma en mente. En nuestro estudio también se muestra una ligera resistencia al cambio, a dejar el papel y utilizar nuevas tecnologías en su lugar.

Otro caso es el de (Kasey et al, 2015) que utiliza realidad aumentada y narración interactiva para una aplicación utilizada para la simulación. Los códigos QR son usados colocandolos alrededor del espacio para activar avisos, como videos, ubicaciones, diagramas o textos. Se probaron cuatro prototipos con representantes del Wisconsin Technical College System. Los resultados mostraron un uso versátil y revisiones favorables, lo cual es una experiencia positiva, y nuestro diseño puede tener posibilidades de serlo también.

La siguiente tecnología utilizada es el CRS. En nuestro estudio se evalúan las percepciones de los estudiantes de Toxicología del grado en medicina, sobre

usabilidad, compromiso y aprendizaje asociado utilizando VirtualCRS. Para ello se utiliza como método el estudio descriptivo utilizando una encuesta con el cuestionario CRiSP (Richardson et al., 2015). Este mismo método es el utilizado en el estudio de Sheng et al. (2019), que utiliza el cuestionario CRiSP para evaluar las percepciones de los estudiantes, sobre un sistema de respuesta en el aula multiplataforma, en estudios de pregrado en enfermería.

Comparando las puntuaciones medias de CRiSP para todas las subescalas (nuestro estudio – Sheng) [usabilidad 17,23 – 16.5, participación 38,54 - 41.0, aprendizaje 45,34 -44.0] se correlacionaron con "de acuerdo" o "totalmente de acuerdo" de manera similar. Sus resultados muestran coincidencia con los obtenidos por nosotros. Nuestro estudio muestra que los estudiantes de Toxicología perciben que el uso del software VirtualCRS, confiere beneficios generales en usabilidad, participación y aprendizaje en el aula.

Se observó que las habilidades de los profesores a la hora de confeccionar las preguntas, momento de realizarlas y utilización del feedback, facilitan la utilización del CRS. Por ejemplo, un ciclo de preguntas organizado, plantear una pregunta a los estudiantes, dando tiempo para enviar sus respuestas, mostrando el histograma y promoviendo la discusión basada en los resultados. Además, las preguntas deben corresponder directamente a los conceptos clave discutidos por el profesor.

Los profesores apreciaron que se mostraba una mayor participación en el aula posiblemente debido al anonimato del uso de un CRS. Prácticamente todos los alumnos utilizan sus mandos para responder a la pregunta del profesor, lo que hace que participen de esta manera. Por otro lado, de la manera tradicional, solo una o pocos alumnos levantan la mano para responder, con lo que solo participan activamente esos alumnos. Algunos alumnos comentaron la posibilidad de realizar preguntas “tipo examen” al final del tema, como un modo de autoevaluación de su nivel y preparación para el examen, como algo muy útil para ellos.

En la clase convencional, el flujo de la comunicación tiende a ser de un solo sentido, no existe interactividad, como se observa en la experiencia de Malekigorji (2020). La presencia de interactividad en el aula proporciona beneficios en la promoción de más entornos de aprendizaje, construyendo comunidades de aprendizaje, proporcionando más información a los instructores, y también contribuye a la motivación de los estudiantes. Todo esto ha ocurrido en nuestra experiencia de forma similar, puede ayudar a integrar la enseñanza en el EEES, lo cual también está a favor de nuestra hipótesis.

Otra sugerencia aportada por los profesores es la posibilidad de usar un CRS como control de asistencia. Por ejemplo, los alumnos introducen su D.N.I. a través del CRS en el momento que sugiera el profesor, y así registrar su asistencia a clase, lo que aporta una funcionalidad más que ayuda al profesorado en su labor.

El desarrollo de nuestro propio software CRS coincide con las conclusiones de Sheng et al (2019), Las instituciones educativas deberían desarrollar su propio software u obtener una licencia institucional para un proveedor preferido. Esto permitiría el libre acceso a todos los estudiantes, independientemente de su disciplina o programa de grado, un ejemplo es la Queen's University.

Para el caso de desarrollo de apps para dispositivos móviles, los resultados mostraron que utilizar nuevas tecnologías en la enseñanza es útil para su aprendizaje, se recibió información adecuada sobre la práctica.

La app de Entomología Forense es fácil de manejar. La mayoría de los estudiantes consideró que es fácil acceder y manejar y tiene contenidos que son útiles para la formación. También se constató que pudieron realizar pruebas de dataciones con datos del diagrama de cronosucesión utilizando la app.

En la enseñanza de medicina forense se están introduciendo nuevas estrategias de enseñanza, basadas en nuevas tecnologías o estrategias pedagógicas. Un ejemplo de esto, sin el uso de apps, es la experiencia de Magalhães (2014) en la que presentan sus modelos, basados en los objetivos educativos, el programa curricular y las metodologías de enseñanza / aprendizaje de cada ciclo de estudios, así como en cursos de posgrado y educación continua. Esta contribución, en particular con respecto a la enseñanza de las ciencias forenses en Portugal, ha sido juzgada como un ejemplo para otros países.

En nuestro caso, los estudiantes informan que tiene cierta o mucha facilidad para el uso de nuevas tecnologías. Informes anteriores coincidieron en que el uso de las nuevas tecnologías, en nuestro caso la aplicación y dispositivos móviles, se muestran como herramientas útiles con respecto a la motivación, la colaboración y el compromiso de los estudiantes, y pueden crear un entorno de entretenimiento educativo (Ceipidor et al, 2009).

El análisis de la encuesta del presente estudio muestra que el uso de dispositivos móviles, a través de la aplicación, podrían ayudar al alumno a acceder a la información de manera interactiva, y sin la presencia del instructor. Una experiencia comparable es la de Choi (2019), en la que realizan también una app para hacer la datación de una mancha de sangre, obteniendo resultados positivos, y también podría ser una herramienta educativa.

Otra aplicación para dispositivos móviles es la desarrollada por Koduri et al. (2020) llamada SIMPL, (Sistema para mejorar y medir el aprendizaje procedimental). Ha sido desarrollada por un consorcio sin fines de lucro de programas de capacitación quirúrgica para abordar estos desafíos. Esta aplicación es una herramienta bidireccional que aborda las cuestiones de desempeño de los residentes, autonomía operativa y complejidad del caso de una manera fácil de usar. SIMPL se ha evaluado en programas de formación en cirugía general y se ha demostrado que es factible, fiable y válido, con una gran fiabilidad entre evaluadores, lo que se muestra como otra aplicación desarrollada para ayudar a la enseñanza en este campo, con resultados positivos también.

En nuestra app, una buena aceptación y facilidad de manejo de las nuevas tecnologías, con contenidos útiles, e información sobre la práctica adecuada, han mostrado, que los alumnos han podido realizar pruebas de dataciones con la app. Para la creación de la aplicación, se ha utilizado como entorno de programación AppInventor2, creado por el MIT (Massachusetts Institute of Technology).

Se ha eligió esta plataforma por su facilidad de uso y la posibilidad de crear aplicaciones con una formación relativamente reducida, y accesible a cualquiera con unos conocimientos medios en informática. Con esto, conseguimos poner en contacto a los profesores con esta tecnología. Este entorno funciona en “la nube”, se accede a ella a través de internet, es gratuita, accesible desde cualquier sitio, guarda nuestro proyecto, y se programa usando bloques de colores, cada uno con su función y parametrización, que se unen unos con otros cumpliendo las funciones del algoritmo que hemos diseñado. Este entorno es una herramienta que posibilita a los profesores desarrollar sus apps, lo que contribuye a la hipótesis.

Adicionalmente se analizó la App de datación, como posible base de una herramienta forense para datación. El diseño, los posibles parámetros a considerar, y sus resultados, muestran que no solo puede ser adecuada para la formación sino también para contrastar dataciones como una herramienta más.

Limitaciones

En el estudio sobre tecnología QR y Data Matrix no se obtuvieron datos sobre edad o sexo. En el estudio participaron solamente alumnos de 5º curso de Ciencias Veterinarias, por lo que es recomendable realizar este estudio con otras ciencias biomédicas, ya que se han obtenido buenos resultados, que probablemente se repetirán. Para el museo MAM participaron los profesores relacionados con el museo que, aun siendo el total, es posible que los resultados no se generalicen a otros entornos que exista un museo. También se propone realizar estudios con la opinión de los alumnos.

Respecto a las limitaciones del estudio para la aplicación de entomología forense, se pidió a los estudiantes que utilizaran una aplicación de prácticas para contrastar sus resultados únicamente con el módulo de entomología. Este estudio se centró en las percepciones percibidas por los estudiantes sobre el sistema de prácticas apoyado por la aplicación, para conocer la opinión de los alumnos sobre su utilidad y eficacia como herramienta de ayuda. Además, solo 63 estudiantes han respondido a la encuesta, por lo que es posible que los resultados no se generalicen a otros entornos. Los autores no dispusieron de datos demográficos de la población del estudio (edad, sexo). No obstante, la mayoría de los estudiantes consideró que la aplicación era útil para su aprendizaje.

11.- Conclusiones

De la presente Memoria podemos extraer las principales conclusiones, dentro de las limitaciones anteriormente descritas:

En cuanto a la tecnología de códigos QR y Data Matrix.

1. Usar códigos Data Matrix para tener más acceso a la normativa en formato digital, puede mejorar la seguridad y facilita la actualización.
2. Los alumnos no se muestran de acuerdo con evitar compartir documentos en papel en general.
3. El museo de antropología médica es para los profesores una herramienta importante para la formación, y es útil usar códigos QR en audioguías.

En cuanto a la utilización de un CRS

4. El desarrollo de un propio CRS aporta la posibilidad de personalización necesaria
5. Los estudiantes informaron que CRS en el aula mejoró el aprendizaje, mejoró la evaluación formativa y aumentó la participación.
6. Podemos concluir que nuestro CRS, se basa en tecnología web, usa dispositivos móviles, sin instalar aplicaciones, no presenta costo, tiene una disponibilidad casi ilimitada, y puede tener una usabilidad, aceptación y utilidad, para estudiantes y profesores.

En cuanto a uso de un App de entomología forense

7. La app es fácil de manejar por parte de los estudiantes
8. Tiene contenidos útiles para la formación y los alumnos consiguen realizar dataciones.

9. Los estudiantes se mostraron muy positivos sobre su uso, que ayuda a su estudio. Esto se puede atribuir a su fácil uso, información aportada, la claridad de los materiales, y la independencia del tiempo.

En cuanto a la experiencia con dispositivos móviles para el estudio general con las tres tecnologías elegidas

1. El uso de las tecnologías QR, CRS, y la aplicación para Android, han sido útiles para el aprendizaje de los alumnos.
2. Se ha obtenido una documentación útil para repetir estas experiencias por los profesores.
3. Los dispositivos móviles utilizados mediante estas tecnologías, y el entorno proporcionado, han demostrado ser útiles en la enseñanza de ciencias biomédicas.
4. Hemos encontrado evidencia de que, en la formación, es valioso para los estudiantes proporcionar información adecuada y de alto impacto, es valioso para los estudiantes, y que los dispositivos móviles permiten que esto se entregue de manera oportuna, completa, actualizada y centrada en el estudiante.
5. Al no ser muy numerosas las publicaciones sobre este tema, sería recomendable realizar más experiencias con dispositivos móviles, para conocer mejor su influencia y utilidad.

12.- Bibliografía

AEMPS. Utilización de códigos Quick Response (QR) para proporcionar información sobre los medicamentos (2015). Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios (AEMPS).

https://www.aemps.gob.es/informa/ni-muh_27-2015-codigos-quick-response/

Ahmed, S., & Parsons, D. (2013) Abductive science inquiry using mobile devices in the classroom. *Computers & Education*, Volume 63, April 2013, Pages 62–72, ISSN 0360-1315

<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.11.017>

Anderson, G. S. & Vanlaerhoven (1996). Initial studies on insect succession on carrion in southwestern British Columbia. *Journal of Forensic Sciences*, JFSCA, 41(4): 617-625.

APA Lin, Kai-Yin PhD Use of Quick Response Code for Teaching in Nursing, *Nurse Educator*: November/December 2016 - Volume 41 - Issue 6 - p 312

<https://doi.org/10.1097/NNE.0000000000000310>

Area Moreira, M. (1991). *Los medios, los profesores y el currículo*. Hospitalet de Llobregat, Barcelona: Sendai, D.L. 1991. ISBN: 84-86762-16-2

Arteaga, B. (2016). QR académico: una propuesta didáctica emergente con apropiación de la cultura juvenil. *Enl@ce Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento*, 13 (2), 40-55.

Boehme, P., Amendt, J. & Zehner, R. (2012) The use of COI barcodes for molecular identification of forensically important fly species in Germany. *Parasitol Res* 110, 2325–2332 (2012). <https://doi.org/10.1007/s00436-011-2767-8>

Bortolini, S., Giordani, G., Tuccia, F., Maistrello, L., & Vanin, S. (2018). Do longer sequences improve the accuracy of identification of forensically important Calliphoridae species?. *PeerJ*, 6, e5962.

<https://doi.org/10.7717/peerj.5962>

Bukowski M, Kühn M, Zhao X, Bettermann R, Jonas S. Gamification of Clinical Routine: The Dr. Fill Approach. *Stud Health Technol Inform.* (2016) 225:262-6. PMID: 27332203.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27332203/> Consultado: 15 de febrero de 2021

Calabuig, J. A. G. 2004. *Medicina legal y Toxicología*. Masson. 1377 pp. ISBN 13: 9788445814154. Ed. Elsevier-Masson.

Capó M. A. Peinado M. V., Mateos J, Anadón Baselga M^a. J. Entomofauna cadavérica establecida al aire libre. *Medicina Balear – Vol. 9, número. 2, 2004.* ISSN-e 2255-0569

<http://medicinabalea.org/pdfs/Vol19n2.pdf>

Campobasso, C.P., Di Vella, G. y Introna, F. (2001). Factors affecting decomposition and Diptera colonization. *Forensic Science International.* 120, 18-27

Carlson KJ, Gagnon DJ. (2016) Augmented reality integrated simulation education in health care. *Clin Simul Nurs.* 12:123 – 7

<https://doi.org/10.1016/J.ECNS.2015.12.005>

Castillo, J. S., Palta, N. I., Sigüenza, J. P. (2016) Uso de pizarras digitales interactivas como recurso de enseñanza para los docentes. *Magister* 28, 71---85

<http://dx.doi.org/10.1016/j.magis.2016.11.001>

Castillo, M. (2002). Estudio de la entomofauna asociada a cadáveres en el Alto Aragón (España). *Monografías S.E.A.* vol. 6. Zaragoza, 94 pp. ISBN: 84-922495-7-9.

<http://seaentomologia.org/Publicaciones/MonografiasSEA/monografiassea6/monografiassea6.htm>

Ceipidor UB, Medaglia CM, Perrone A, De Marsico M, Di Romano G. 2009. A museum mobile game for children using QR-codes. In: *Proceedings of the 8th International Conference on Interaction Design and Children (IDC 2009)*; Como,

Italy, 2009 June 3-5. p 282–283. Association for Computing Machinery, New York, NY.

<https://doi.org/10.1145/1551788.1551857>

Chase, T., Julius, A., Chandan, J. S., Powell, E., Hall, C. S., Phillips, B. L., Burnett, R., Gill, D., & Fernando, B. (2018). Mobile learning in medicine: an evaluation of attitudes and behaviours of medical students. *BMC medical education*, 18(1), 152.

<https://doi.org/10.1186/s12909-018-1264-5>

Choi W, Shin J, Hyun KA, Song J, Jung HI. Highly sensitive and accurate estimation of bloodstain age using smartphone. *Biosens Bioelectron*. 2019;130:414-419

<https://doi.org/10.1016/j.bios.2018.09.017>

Denso Corporation 2020, Untold history of QR code development.
<https://www.qrcode.com/en/history/> Consultado: 15 de febrero de 2021

Díaz-Palma, P.A., Alucema, A., Hayashida, G., Maidana, N.I., (2009) Development and standardization of a microalgae test for determining deaths by drowning. *Forensic Science International*, Volume 184, Issues 1–3, 2009, Pages 37-41, ISSN 0379-0738, <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2008.11.015>

Downer T, Oprescu F, Forbes H, Phillips N, McTier L, Lord B, et al. (2016) Enhancing nursing and midwifery student Learning through the use of QR codes. *Nurs Educ Perspect* 37:242 – 3

<https://doi.org/10.1097/01.NEP.0000000000000040>

Fies, C., Marshall, J. (2006) Classroom Response Systems: A Review of the Literature. *J Sci Educ Technol* 15, 101–109.

<https://doi.org/10.1007/s10956-006-0360-1>

Fiordelli M, Diviani N, Schulz PJ. Mapping mHealth research: a decade of evolution. *J Med Internet Res* 2013;15(5):e95.

Flores, F. J., Maldonado, S. E., Ortiz, J.. (2016). Identificación molecular de microalgas clorófitas del Ecuador. Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí 170501, Pichincha-Ecuador. [Revista Científica Ciencias Naturales y Ambientales \(ug.edu.ec\)](http://Revista Científica Ciencias Naturales y Ambientales (ug.edu.ec))

García-Romeral, J., (2017) Principios de Biotecnología y Bioingeniería en el cultivo de microalgas. Importancia, problemas tecnológicos, tipos y sistemas de cultivos, crecimiento, factores limitantes, selección, aislamiento, escalado y caracterización bioquímica. Localización: , Nereis: revista iberoamericana interdisciplinaria de métodos, modelización y simulación ISSN 1888-8550, Nº. 9, 2017, págs. 115-130

González Peña, C.F. (1997). Los Insectos y la muerte. Bol. S.E.A. 20, 285-290.

Heide S, Lessig R, Hachmann V, et al. (2018) Establishment of two forensic medicine OSCE stations on the subject of external post-mortem examination. Int J Legal Med. 2018;132(1):311-319.

<https://doi.org/10.1007/s00414-017-1630-6>

Jamu J. T., Lowi-Jones H, Mitchell C. (2016) Just in time? Using QR codes for multi professional learning in clinical practice, Nurse Education in Practice, Volume 19, 2016, Pages 107-112, ISSN 1471-5953,

<https://doi.org/10.1016/j.nepr.2016.03.007>.

Karia, C.T., Hughes, A. & Carr, S. Uses of quick response codes in healthcare education: a scoping review. BMC Med Educ 19, 456 (2019).

<https://doi.org/10.1186/s12909-019-1876-4>

Koduri S., Altshuler D., Khalsa S., Maher C., Wnuk G., Tong D., George B., Szerlip N. Using a Mobile Application for Evaluation of Procedural Learning in Neurosurgery, World Neurosurgery, Volume 138, 2020, Pages e124-e150, ISSN 1878-8750,

<https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.02.049>

Kubben PL. (2011) QR codes in neurosurgery. Surg Neurol Int. 2:104.

<https://doi.org/10.4103/2152-7806.83386>

Lemos, R. R., Rudolph, C. M., Batista, A. V., Conceição, K. R., Pereira, P. F., Bueno, B. S., Fiuza, P. J., & Mansur, S. S. (2019). Design of a Web3D Serious Game for Human Anatomy Education: A Web3D Game for Human Anatomy Education. In Krassmann, A. L., Amaral, É., Nunes, F. B., Voss, G. B., & Zunguze, M. C. (Ed.), Handbook of Research on Immersive Digital Games in Educational Environments (pp. 586-611). IGI Global.

<https://doi.org/10.4018/978-1-5225-5790-6.ch020>

Lisa Shustack, EdD, RN, Virtually Engaging Millennial Nursing Students Through QR Codes. Journal of Nursing Education. 2018;57(11):699-700.

<https://doi.org/10.3928/01484834-20181022-15>

Luvai F. Motiwalla, (2007) Mobile learning: A framework and evaluation. Computers & Education, Volume 49, Issue 3, Pages 581-596, ISSN 0360-1315,

<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2005.10.011>

Maidana, I. (2013). El test de diatomeas en el diagnóstico de muerte por sumersión. Acta Nova, 6(1-2), 70-81. Recuperado en 02 de abril de 2022, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892013000100007&lng=es&tlng=es.

Magalhães T, Dinis-Oliveira RJ, Santos A. (2014) Teaching forensic medicine in the University of Porto. J Forensic Leg Med. 25:45-48.

<https://doi.org/10.1016/j.jflm.2014.04.011>

Malekigorji, M., & Hatahet, T. (2020). Classroom Response System in a Super-Blended Learning and Teaching Model: Individual or Team-Based Learning? Pharmacy, 8(4), 197. MDPI AG. Retrieved from

<http://dx.doi.org/10.3390/pharmacy8040197>

Mann, R. W., Bass, W. M & Meadows, L. (1990). Time since death and decomposition of the human body: variables and observations in case and experimental field studies. Journal of Forensic Sciences, JFSCA, 35(1): 103-111.

Marcos Torres-Nazario (2020). Reflexiones sobre las competencias y destrezas necesarias para enseñar cursos en línea. HETS Online journal. Volumen X, Spring Issue, April, 2020.

Mogali SR, Vallabhajosyula R, Ng CH, Lim D, Ang ET, Abrahams P. Scan and Learn: Quick Response Code Enabled Museum for Mobile Learning of Anatomy and Pathology. *Anat Sci Educ.* 2019;12(6):664-672.

<https://doi.org/10.1002/ase.1848>

Mosa, A.S.M., Yoo, I. & Sheets, L. (2012). A Systematic Review of Healthcare Applications for Smartphones. *BMC Med Inform Decis Mak* 12, 67 (2012).

<https://doi.org/10.1186/1472-6947-12-67>

Mourín Moral, F. J., Anadon, M. J., de-Marcos, L., & Del Pino Sans, J. (2015). Clicker system improvement with a web technology system. *Medical education*, 49(11), 1161–1162. <https://doi.org/10.1111/medu.12874>

Núñez Rodríguez, José, & Liria Salazar, Jonathan. (2014). Sucesión de la entomofauna cadavérica a partir de un biomodelo con vísceras de res. *Salus*, 18(2), 35-39. Recuperado en 26 de julio de 2021, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-71382014000200007&lng=es&tlng=es

Nuorteva, P. 1977. Sarcosaprophagus insects as forensic indicators. En Tedeschi, C.G., W.G. Eckert & L. G. Tedeschi (eds). *Forensic Medicine: Saunders.*

OIE, Organización Mundial de Sanidad Animal. Encefalopatía espongiforme bovina (EEB). <https://www.oie.int/es/sanidad-animal-en-el-mundo/enfermedades-de-los-animales/encefalopatia-espongiforme-bovina/#A>

OpenSignal - Android Fragmentation Visualized - August 2015
https://www.opensignal.com/sites/opensignal-com/files/data/reports/global/data-2015-08/2015_08_fragmentation_report.pdf

Park, E. W., Lee, H., Yun E. K., 2019. Development and Evaluation of a Quick Response Code–Based Nursing Education Program for Operating and

Recovery Room Nurses, CIN: Computers, Informatics, Nursing: November 2019 - Volume 37 - Issue 11 - p 599-605

<https://doi.org/10.1097/cin.0000000000000550>

Pradera, C. 12 (2013) Volver a nacer en forma de moscarda *Calliphora vicina* (Diptera, Calliphoridae). <https://desinsectador.com/2013/12/29/volver-a-nacer-en-forma-de-moscarda-calliphora-diptera-calliphoridae/> Obtenido en Julio 2016.

Prieto Díaz V, Quiñones La Rosa I, Ramírez Durán G, Fuentes Gil Z, Labrada Pavón T, Pérez Hechavarría O, et al. Impacto de las tecnologías de la información y las comunicaciones en la educación y nuevos paradigmas del enfoque educativo. *Educ Med Super* [Internet]. 2011;25(1)
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S086421412011000100009&lng=es

Puillandre N, Lambert A, Brouillet S, Achaz G. (2012) ABGD, Automatic Barcode Gap Discovery for primary species delimitation. *Mol Ecol*. 2012 Apr;21(8):1864-77. Epub 2011 Aug 29. PMID: 21883587. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294x.2011.05239.x>

Ratsep, Emily (2013) Developing an interest in veterinary forensic entomology. British Veterinary Association. *VetRecordCareers*, 30 Nov 2013.
<https://www.vetrecordjobs.com/myvetfuture/article/developing-interest-veterinary-forensic-entomology/>

Richardson, A.M., Dunn, P.K., McDonald, C. et al. CRiSP: An Instrument for Assessing Student Perceptions of Classroom Response Systems. *J Sci Educ Technol* 24, 432–447 (2015). <https://doi.org/10.1007/s10956-014-9528-2>

Rogers, E. (1983). *Diffusion of innovation*. 3rd Ed. New York: NY: The Free Press.

Sheng S., Goldie C., Pulling C., Luctkar-Flude M. (2019), Evaluating student perceptions of a multi-platform classroom response system in undergraduate nursing, *Nurse Education Today*, Volume 78, 2019, Pages 25-31, ISSN 0260-6917, <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2019.03.008>

Santamaria- Aplicaciones Médicas Móviles: definiciones, beneficios y riesgos
<https://doi.org/10.14482/sun.31.3.7662>

Sheng R, Goldie CL, Pulling C, Luctkar-Flude M. (2019). Evaluating student perceptions of a multi-platform classroom response system in undergraduate nursing. *Nurse Educ Today*. 2019 Jul;78:25-31.
<https://doi.org/10.1016/j.nedt.2019.03.008>.

Schmidt, T., Gazou, A., Rieß, A., Rieß, O., Grundmann-Hauser, K., Falb, R., Schadeck, M., Heinrich, T., Abeditashi, M., Schmidt, J., Mau-Holzmann, U. A., & Schnabel, K. P. (2020). The impact of an audience response system on a summative assessment, a controlled field study. *BMC medical education*, 20(1), 218. <https://doi.org/10.1186/s12909-020-02130-4>

Shuib, L., Shamshirband, S., Hafiz Ismail, M. (2015). A review of mobile pervasive learning: Applications and issues, *Computers in Human Behavior*, Volume 46, Pages 239-244, ISSN 0747-5632
<https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.01.002>

Suanpang, P. (2012). The integration of m-learning and social Network for Supporting knowledge sharing. *Creative Education*, 3, 39–43

Thompson T. (2020) Choose your own murder: Non-linear narratives enhance student understanding in forensic science education. *Forensic Sci Int*. 2:82-85. Published 2020 Jan 21.
<https://doi.org/10.1016/j.fsisyn.2020.01.009>

Traser CJ, Hoffman LA, Seifert MF, Wilson AB. Investigating the use of quick response codes in the gross anatomy laboratory. *Anat Sci Educ*. 2015;8(5):421-428.
<https://doi.org/10.1002/ase.1499>

Tuccia, F., Giordani, G., Vanin, S. (2016) A general review of the most common COI primers for Calliphoridae identification in forensic entomology.
<https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2016.07.003>

Tusa, E. A. (2016) Aprendizaje memorístico – significativo. *Escritos en la Facultad N°136*, 118-119. ISSN: 1669-2306

Twine. Open-source tool for telling interactive, nonlinear stories. Interactive Fiction Technology Foundation. 1 noviembre de 2020.

<http://twinery.org>

Universidad de Alicante (2019). ¿Cuáles son las principales medidas contempladas en el desarrollo del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES)? Septiembre 2019.

<https://web.ua.es/es/oia/preguntas/espacio-europeo-de-educacion-superior.html#que-es>

Villet, M.H., Richards, C.S., Midgley, J.M. (2009). Contemporary Precision, Bias and Accuracy of Minimum Post-Mortem Intervals Estimated Using Development of Carrion-Feeding Insects. In: Amendt, J., Goff, M., Campobasso, C., Grassberger, M. (eds) Current Concepts in Forensic Entomology. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9684-6_7

ISO/IEC 16022:2006 Information technology — Automatic identification and data capture techniques — Data Matrix bar code symbology specification

<https://www.iso.org/standard/44230.html>

Zimmerman, K.A. and Wallace, J.R. (2008), The Potential to Determine a Postmortem Submersion Interval Based on Algal/Diatom Diversity on Decomposing Mammalian Carcasses in Brackish Ponds in Delaware. Journal of Forensic Sciences, 53: 935-941.

<https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2008.00748.x>

13.- Anexos

Anexo 1

Folleto propuesto para entregar a los alumnos y realizar la actividad interactiva en el Museo de Antropología Médica y Forense, Paleopatología y Criminalística, Profesor Reverte Coma.

ACTIVIDAD INTERACTIVA

MAM: el Museo

Museo de Antropología Médica y Forense, Paleopatología y Criminalística
Profesor Reverte Coma.



Curso 2019/2020

1.- Horario de realización:

- No existe un día y hora para ello, se puede hacer en cualquier momento libre dentro del horario del museo. Duración: unos 15 minutos.

2.- Objetivos de la actividad:

- Conocer y visitar el museo de Museo de Antropología Médica
- Observar piezas seleccionadas para la actividad
- Utilizar nuevas tecnologías: teléfono móvil, códigos QR e Internet
- Realizar, comentar y valorar las tareas asignadas a cada pieza seleccionada

3.- Material necesario:

- Teléfono móvil / Tablet, con conexión a Internet.
- Sistema operativo Android o iOS (iPhone, Apple)

4.- Antes de realizar la actividad:

- Tener instalado en el móvil o tablet un lector de códigos QR, si no se tiene instalar la app QR Code Reader:

Android: Entrar en "Play Store", buscar "QR code reader" (Scan) e instalarlo
Apple : Entrar en "App Store", buscar "QR Reader for iPhone" e instalarlo



5.-Localización del museo:

- Edificio Y, Planta X, Departamento de medicina legal.

6.- Requisitos para la visita:

-

7.- Actividad:

En el museo están seleccionadas 6 piezas, las cuales se señalizan con un código QR colocado en la vitrina.

Leer el código QR con la app del dispositivo móvil y abrir la información que consiste en:

- Introducción a la pieza: descripción, historia o detalles.
- Tarea a realizar con la observación
- Respuesta a preguntas

Se pueden realizar en cualquier orden o en días diferentes



Ejemplo QR en el museo

8.- Al terminar la actividad

Una vez terminada la actividad entrar en un cuestionario con el siguiente código QR:



Anexo 2

Plantilla de ayuda para crear actividades interactivas.



Diseño de actividad con códigos QR

Nombre de la actividad: _____

Descripción: _____



Tareas a realizar *

1.- Pieza, objeto o escena: _____

Introducción:

Tarea a realizar:

Preguntas sobre lo observado:

2.- Pieza, objeto o escena: _____

Introducción:

Tarea a realizar:

Preguntas sobre lo observado:

3.- Pieza, objeto o escena: _____

Introducción:

Tarea a realizar:

Preguntas sobre lo observado:

(*) Al final del documento hay un anexo de instrucciones para describir las tareas.

4.- Pieza, objeto o escena: _____

Introducción:

Tarea a realizar:

Preguntas sobre lo observado:

5.- Pieza, objeto o escena: _____

Introducción:

Tarea a realizar:

Preguntas sobre lo observado:

6.- Pieza, objeto o escena: _____

Introducción:

Tarea a realizar:

Preguntas sobre lo observado:

7.- Pieza, objeto o escena: _____

Introducción:

Tarea a realizar:

Preguntas sobre lo observado:

(*) Al final del documento hay un anexo de instrucciones para describir las tareas.

8.- Pieza, objeto o escena: _____

Introducción:

Tarea a realizar:

Preguntas sobre lo observado:

Anexo: Como rellenar este documento

Para que la actividad sea realizada se crearán:

- Un código QR por cada pregunta
- Páginas Web para cada código QR, para preguntas y respuestas si las tiene.
- Guía folleto de la actividad interactiva para entregarlo a los alumnos.

Para poder crear estos elementos se necesitan los datos de cada pregunta: textos, fotos, audios o vídeos a mostrar cuando los alumnos escanean los códigos o respondan a preguntas.

Las fotos, videos y audios se pueden “incrustar” en este documento para luego extraerlos al realizar las páginas web. También se pueden almacenar en un contenedor zip o rar (archivo comprimido) junto con este documento.

Ejemplo de tarea descrita:

1.- Pieza, objeto o escena: Cráneo 216

Introducción:

En la identificación craneofacial existen tres grupos principales: caucásico, mongoloide y negroide.

Tarea a realizar:

Identificar a qué tipo de grupo pertenece el cráneo 216. Habrá tres respuestas: 1- Caucaésico, 2- Mongoloide y 3- Negroide.

Preguntas sobre lo observado:

Para cualquiera de las tres respuestas preguntará cuál de los siguientes rasgos se ha observado:

- Apenas presenta prognatismo (o extensión de la mandíbula inferior) y existe una relativamente escasa proyección de la cresta alveolar, la parte ósea que contiene los dientes. Las caras son normalmente más pequeñas, con una cavidad nasal en forma de lágrima y unos huesos nasales en forma de torre. El paladar es triangular y el cráneo tiene unas cavidades orbitarias ligeramente inclinadas hacia abajo. Tanto la frente como el cráneo son prominentes.
- Presenta una pequeña o nula extensión tanto de la mandíbula como de la parte baja de la

(*) Al final del documento hay un anexo de instrucciones para describir las tareas.

cavidad nasal, que posee una forma oval. Los huesos nasales tienen forma de carpa. Las órbitas de los ojos son redondas y sin caída. El cráneo es redondeado.

- Tiene una cavidad nasal amplia y redonda. La parte baja de ésta no es nada prominente. Hay una proyección facial notable en la zona de mandíbula y boca. Las órbitas de los ojos tienen forma cuadrada o rectangular. El cráneo es dolicocefálico, es decir, proporcionalmente más largo de delante hacia atrás.

Mostrará la respuesta correcta.

(*) Al final del documento hay un anexo de instrucciones para describir las tareas.

Anexo 3

Ayuda a la creación de la actividad QR

Ayuda a la creación de la actividad QR

PLANTEAMIENTO

Para esta actividad se eligen objetos, entornos, sitios, para los que pedirá a los alumnos que realicen una tarea. Para realizarla, los alumnos tendrán una guía de la actividad, en la cual se describe el tipo, las recomendaciones, horario, y donde están los objetos, entornos o sitios. En cada uno de estos, se colocará un código QR impreso para que puedan leerlo con sus dispositivos móviles, el cual les llevará a una página Web creada por nosotros.

Las tareas siempre consistirán en la observación, distinción de singularidades, reconocimiento de elementos, o cualquier otra opción que implique a los alumnos en un desafío para conseguir un objetivo, interactuando con preguntas, que aportarán un “feedback” y convirtiendo la actividad en un valor añadido para su aprendizaje.

Toda la información disponible a través del código QR estará en forma de páginas Web, enlazadas entre ellas en estructura de árbol. La primera página que ven es la principal, la que muestra la información de la tarea. Las que están por debajo contienen las preguntas y respuestas que se quieren dar.

Para que la actividad sea realizada se crearán:

- Un código QR por cada pregunta
- Páginas Web para cada código QR, para preguntas y respuestas si las tiene.
- Guía folleto de la actividad interactiva para entregarlo a los alumnos.

Para poder crear estos elementos se necesitan los datos de cada pregunta: textos, fotos, audios o vídeos a mostrar cuando los alumnos escanean los códigos o respondan a preguntas.

REALIZACIÓN

Al crear las páginas Web de la tarea, hay que tener preparados los siguientes datos: objeto, presentación (introducción), observación, preguntas y respuestas. Estas se pueden preparar en un documento, que puede ser en formato Word organizado como se quiera, o también se puede utilizar la plantilla propuesta.

Las fotos, videos y audios se pueden “incrustar” en este documento para luego extraerlos al realizar las páginas web. También se pueden almacenar en un contenedor “Zip” o “rar” (archivo comprimido) junto con este documento.

EJEMPLO CON PLANTILLA

1.- Pieza, objeto o escena: Cráneo 116

Introducción:

En la identificación craneofacial existen tres grupos principales: caucásico, mongoloide y negroide. Más datos introductorios....

Tarea a realizar:

Identificar a qué tipo de grupo pertenece el cráneo 116. Habrá tres respuestas:

- 1- Caucásico
- 2- Mongoloide
- 3- Negroide

Preguntas sobre lo observado:

Para cualquiera de las tres respuestas se preguntará cuál de los siguientes rasgos se ha observado:

- 1- Apenas presenta prognatismo (o extensión de la mandíbula inferior) y existe una relativamente escasa proyección de la cresta alveolar, la parte ósea que contiene los dientes. Las caras son normalmente más pequeñas, con una cavidad nasal en forma de lágrima y unos huesos nasales en forma de torre. El paladar es triangular y el cráneo tiene unas cavidades orbitarias ligeramente inclinadas hacia abajo. Tanto la frente como el cráneo son prominentes.
- 2- Presenta una pequeña o nula extensión tanto de la mandíbula como de la parte baja de la cavidad nasal, que posee una forma oval. Los huesos nasales tienen forma de carpa. Las órbitas de los ojos son redondas y sin caída. El cráneo es redondeado.
- 3- Tiene una cavidad nasal amplia y redonda. La parte baja de ésta no es nada prominente. Hay una proyección facial notable en la zona de mandíbula y boca. Las órbitas de los ojos tienen forma cuadrada o rectangular. El cráneo es dolicocefálico, es decir, proporcionalmente más largo de delante hacia atrás.

Feedback:

Mostrará la respuesta correcta (Caucásico) y los rasgos de este grupo.

Anexo 4

Audioguía, página web de ejemplo:

```
1 <!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 4.01//EN"
  "http://www.w3.org/TR/html4/strict.dtd">
2 <html lang="es"><head>
3 <meta content="text/html; charset=ISO-8859-1"
  http-equiv="content-type"><title>Audioguía MAM</title>
4 <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
5 </head>
6 <body style="background-color: black; direction: ltr;">
7 <div style="text-align: center;">
8 <video src="Craneo_254.mp4" width="100%" controls="" poster="Caratula.jpg">
9 Lo sentimos. Este video no puede ser reproducido en tu navegador.</video><br>
10
11 <br>
12 </div>
13 <div style="text-align: center;">
14 <big><big><font style="font-family: Helvetica,Arial,sans-serif;" color="white">
15 La mutilación o decoración dental, es una práctica ampliamente estudiada en
16 poblaciones primitivas y actuales. Aunque, por su frecuencia,
17 son más conocidas las mutilaciones dentarias en Mesoamérica y el África
18 sub-Sahariana. Hay constancia histórica de mutilaciones dentales a lo
19 largo de todo el mundo.
20 <p>
21 Los investigadores han dado diversas explicaciones, al hecho de las modificaciones
22 intencionales de los dientes como: ornamentación,
23 identificadores tribales, indicadores de estatus social, ritos iniciáticos, o
24 explicación de la cosmovisión de las poblaciones pasadas y presentes.
25 <p>
26 El cráneo 254 del Museo de Antropología Forense Paleopatología y Criminalística, de
27 la Universidad Complutense de Madrid, presenta una mutilación
28 dentaria, con finalidad ritual, en los dos incisivos centrales superiores.
29 <p>
30 Es un cráneo procedente de Madurari, India, traído por las expediciones científicas
31 al Pacífico durante el siglo XIX, aunque probablemente sea
32 mucho más antiguo. Se trata de un hombre joven, de unos 20-25 años en el momento de
33 su muerte, por lo tanto, las mutilaciones dentarias debieron
34 hacerse en edad temprana. Posiblemente su finalidad tuvo que ver con el rol social
35 del individuo.
36 <p>
37 Las mutilaciones dentales procedentes de la India, son extraordinariamente raras. De
38 hecho solo hay descrito otros dos casos en la bibliografía
39 científica. Las mutilaciones dentarias presentes en el cráneo 254, no pueden ser
40 englobadas en ninguna de las clasificaciones tipológicas existentes hasta el momento.
41 <p>
42 Presenta una mutilación combinada, consistente en un afilado dental de los márgenes
43 mesial y distal del borde incisal, y un tallado de surcos
44 convergentes en patrón triangular, y un pulido de la superficie romboidal, obtenida
45 con estas dos técnicas.
46 Por lo general, la fractura del diente, se realizaba aplicando sobre el mismo un
47 objeto cortante, al que se golpeaba con un objeto a modo de
48 martillo. Para tallar o producir fracturas pequeñas en el diente, se utilizaban
49 también trozos de piedra afilados, a modo de cincel. El limado o
50 pulido del diente se efectuaba con piedras o polvos abrasivos.
51 <p>
52 Las modificaciones dentales se asocian con frecuencia a fenómenos de retracción
53 pulpar, y patologías como abscesos periapicales. Las radiografías
54 realizadas al cráneo 254, muestran una imagen radiolúcida en el ápice del incisivo
55 lateral superior izquierdo, lo que parece indicar un proceso
56 agudo que no llegó a cronificarse, compatible con un absceso o un granuloma
57 periapical, debido con toda probabilidad a la necrosis pulpar del diente.
58 Debemos considerar, la potencial gravedad de las infecciones de origen pulpar en la
59 era pre-antibiótica. ¿Fue la mutilación dental la causa de la
60 muerte de este individuo?
61 <p>
62 El cráneo 254 constituye una pieza única entre las mutilaciones dentales, debido a
63 la rareza de la casuística de estas alteraciones intencionales
64 en la India, así como a que el patrón de transformación no puede ser tipificado por
65 ninguna de las clasificaciones existentes en la literatura.
```

```
46 </font></big></big>
47 </div>
48 </body></html>
```

Plantilla audioguía:

Crear un archivo con el Bloc de notas de Windows y cambiar a extensión del archivo a "html".

```
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 4.01//EN" "http://www.w3.org/TR/html4/strict.dtd">
<html lang="es">
<head>
  <meta content="text/html; charset=ISO-8859-1" http-equiv="content-type"><title>Audioguía
MAM</title>
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
</head>
<body style="background-color: black; direction: ltr;">
<div style="text-align: center;">
  <video src="Audioguia.mp4" width="100%" controls="" poster="Caratula.jpg">
  Lo sentimos. Este vídeo no puede ser reproducido en tu navegador.</video><br>
<br>
</div>
<div style="text-align: center;">
<big><big><font style="font-family: Helvetica,Arial,sans-serif;" color="white">Sustituir este texto por el
de la nueva audioguía</font></big></big>
<big><big><font style="font-family: Helvetica,Arial,sans-serif;" color="white"> Repetir tantas veces como
párrafos tenga la audioguía. Las etiquetas big controlan el tamaño de la letra. Quitar o poner
etiquetas big para bajar o subir el tamaño de la letra.</font></big></big>
</div>
</body></html>
```