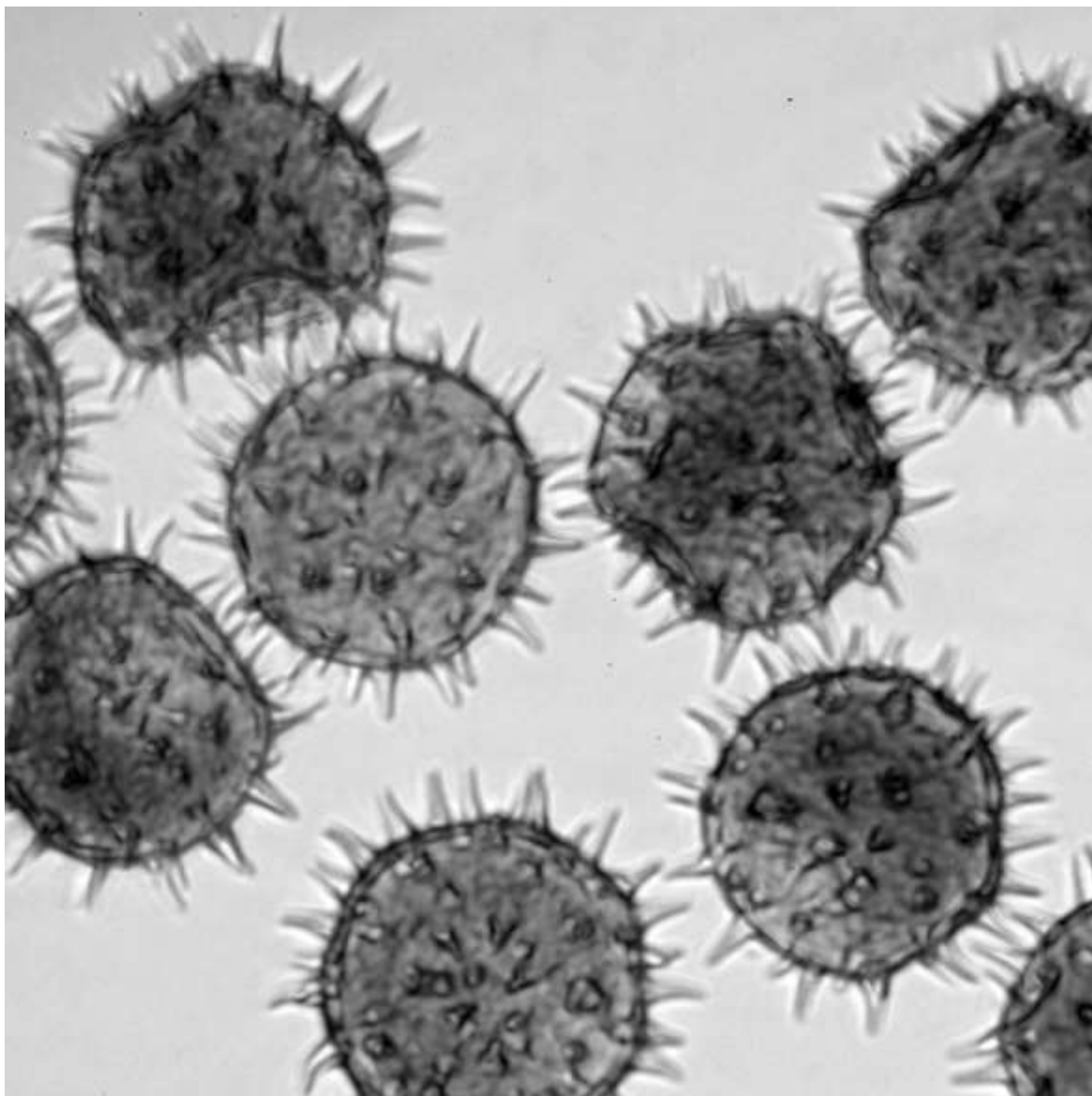


MERIDIES

REVISTA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA PARA ALUMNOS DE ENSEÑANZA SECUNDARIA



17-21

2018

Asociación
Investigación en
Secundaria





Edita **I.e.S.**

Investigación en Secundaria

I.S.S.N.: 1137-8794

Dep. Legal CC-62-1997

Imprime: SAPAR S.L.L. Plasencia.

Fotografía de cubierta: EL PODER DEL MICROSCOPIO SIMPLE

El microscopio simple es un instrumento que permitió a Anton van Leeuwenhoek en el siglo XVII ver, por vez primera, pequeñas formas de vida y, en el siglo XIX, a Robert Brown, observar el núcleo celular y el movimiento aleatorio de diminutas partículas en el seno de un líquido (movimiento browniano). El poder de este instrumento, dotado de una sencilla lente, es tan sorprendente, que se ha dudado en ocasiones de que estos antiguos microscopistas vieran realmente todo lo que decían.

Las posibilidades de una sola lente se muestran en esta fotografía de polen de hibisco, cuyos granos tiene un diámetro de 130 micrómetros, aproximadamente. En su realización se utiliza, como único componente óptico, la lente de enfoque de un puntero láser barato, de unos 5 milímetros de distancia focal. Esa lente, montada en un sencillo soporte, proyecta directamente la imagen sobre el sensor de una cámara réflex desprovista de su objetivo. Junto a la lente, un pequeño diafragma de 2 milímetros de diámetro ayuda a reducir un poco algunas aberraciones, como la cromática, aunque a costa de incrementar la difracción.

Cámara réflex sin su objetivo y lente de puntero láser

Alejandro del Maza Vivar

MERIDIES

REVISTA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA PARA ALUMNOS DE ENSEÑANZA SECUNDARIA

17-21

2018

I.e.S. 

SECRETARÍA DE REDACCIÓN

Departamento de Biología y Geología
IES Universidad Laboral

Avda. de la Universidad, 53
10003 CÁCERES

revistameridies@yahoo.es

CONSEJO DE REDACCIÓN

José Manuel Rivero Martín
Josefa Jaramillo Romero
Fernando Alfonso Cervel
Josefa Montero García
M^a Elena Montejo González

CONSEJO ASESOR

Dr. D. Pedro Modesto Álvarez Peña (*Universidad de Extremadura*)
D. Ángel Calleja Pardo (*IES Norba Caesarina, Cáceres*)
Dr. D. José Julián Calvo Andrés (*Universidad de Salamanca*)
D. Emilio Fernández Vicioso (*IES Santa Eulalia, Mérida*)
Dra. D^a Pilar García Rodríguez (*Universidad Complutense de Madrid*)
Dr. D. Christopher Gaul (*Cognitec Systems GmbH, Dresden. Alemania*)
Dr. D. Edgar Fabián Gómez Sánchez (*I.E. Técnica La Esperanza, Valledupar. Colombia*)
Dra. D^a Ana Montero Benavides (*Universidad Politécnica de Madrid*)
D^a Lucía Pérez de Celi (*Colegio Alternativo Talentos, Trujillo. Perú*)
Dra. D^a María del Carmen Sánchez Bernal (*Universidad de Salamanca*)

ÍNDICE

Presentación	5
G. SABIO BUZO. Nuevas estrategias en la lucha contra la obesidad	7
L. RODRÍGUEZ GONZÁLEZ. XXI Reunión Científica para alumnos de Enseñanza Secundaria “Plasencia 2017”	11
R.D.BASCO LÓPEZ DE LERMA. Enseñar a investigar, pensamiento líquido y cristales fluidos	15
J. MANJÓN SÁNCHEZ. Se supone que...	19
<hr/>	
P. GONZÁLEZ. Relación entre la actividad amilasa y mieloperoxidasa y la gravedad de la pancreatitis aguda	23
N. MURIEL, C. NOGALES, A. ROMERO, M. SÁNCHEZ y F. ALFONSO*. Caracterización colorimétrica de la roca ornamental de Extremadura	29
S. TABUC, A. VÁZQUEZ, M. SÁNCHEZ, M. SÁNCHEZ, M. PALENZUELA, B. FERNÁNDEZ, P. GALLEGO* y C. SALAMANCA*. Estudio de la velocidad de enfriamiento de diferentes materiales	39
M. CORVO. Obtención, identificación e inoculación de bacterias fijadoras de nitrógeno de nódulos de <i>Trifolium repens</i>	45
V. CUESTA, I. ESCRIBANO, L. ITURRIAGA, C. MARTÍN, P. ARMENTIA, A. ENRÍQUEZ, E. MORENO, M. RIVAS, H. GARCÍA* y M.L.MARTÍN*. Estudio antropológico forense de restos óseos.	53
P. EUSA y C. ARNEDO*. Desarrollo de un reloj solar de pies basado en la longitud de la sombra proyectada.	61
E. BAZ. Identificación de dos muestras de arcillas y valoración de sus propiedades para un uso industrial	71
M. R. GARCÍA y PAULA SÁNCHEZ. ADHD: Neurobiological basis and social aspects	81
M. CIUDAD, C. GÓMEZ y R. MACÍAS. Respuestas emocionales ante cortos emotivos.	91
B. FERNÁNDEZ, M. PALENZUELA, M. SÁNCHEZ, M. SÁNCHEZ, A. VÁZQUEZ, S. TABUC, C. SALAMANCA* y P. GALLEGO*. Influencia de los factores ambientales en la cinética de crecimiento de las levaduras.	95
R. GONZÁLEZ. Ensayo sobre las consecuencias de la acidificación del océano en los esqueletos coralinos.	101

Indicaciones y normas para la publicación en MERIDIES



PRESENTACIÓN

Después de un largo lustro vuelve a aparecer impresa esta revista. Lo hace con un número especial que se ha designado de manera algo singular: 17-21. Es decir, queremos que ocupe el espacio de los cinco últimos números.

MERIDIES vio la luz en 1997 al abrigo del I Reunión Científica para Alumnos de Enseñanzas Medias “Cáceres 1997” y se imprimieron y publicaron continuadamente, año tras año, las primeras quince revistas. El número 16 solo apareció en formato digital y desde entonces no se ha vuelto a publicar ninguna otra revista porque no se han recibido originales suficientes, a pesar de que las Reuniones Científicas han seguido celebrándose con notable éxito y de manera regular.

Ahora se ha decidido reimpulsar MERIDIES y volver a sacar la versión impresa, con posibilidad de acceso a través de nuestra web. En este número se incluyen artículos recibidos no solo este último año, sino también algunos artículos de años anteriores que estaban sin publicar.

Se mantiene el formato habitual y la misma estructura de siempre. Los cuatro primeros artículos de este número corresponden a investigadores y profesores. Como es tradicional, el primero de ellos recoge el resumen de la conferencia inaugural, que nos regaló la Dra. D^a Guadalupe Sabio Buzo en la conferencia inaugural de la XXI Reunión Científica para alumnos de Enseñanza Secundaria “Plasencia 2017”. Los otros tres artículos de este primer grupo, están escritos por profesores de Enseñanza Secundaria que están haciendo un extraordinario trabajo en la iniciación de los alumnos en el mundo de la investigación y a los que el Consejo de Redacción les ha pedido expresamente su colaboración.

La segunda parte de la revista, que constituye su cuerpo fundamental, son doce artículos científicos que recogen trabajos de investigación realizados por estudiantes de ESO y Bachillerato. Son trabajos realmente valiosos y, aunque algunos de ellos han contado con la ayuda y asesoramiento de departamentos universitarios y centros de investigación, la mayoría se han realizado en las clases y laboratorios de institutos de enseñanza secundaria.

Desde el Consejo de Redacción queremos agradecer profundamente la colaboración de todos los autores que participan en este número tan especial. Reflotar en España una Revista Científica para estudiantes de Enseñanza Secundaria, es una tarea muy complicada y absolutamente imposible sin la aportación de todos los autores que nos envían sus artículos. También es importante la implicación de los componentes del Consejo Asesor que, en buena parte, son los mismos que venían colaborando desde los primeros números. A ellos, y a los nuevos

miembros que se han incorporado, también queremos agradecerles su extraordinaria disposición.

El mayor cambio que hemos decidido incluir en esta nueva etapa de la revista es hacerla coincidir con el año natural y no con el curso escolar. Es decir, hasta ahora la revista se imprimía en el mes de mayo para que su salida de la imprenta fuera antes de finalizar el curso y los chicos pudieran contar con su artículo impreso antes de las vacaciones de verano. Ese calendario tenía ventajas, pero también un importante inconveniente de premura, en una época complicada para profesores y alumnos en todos los centros. A partir de ahora queremos que salga de la imprenta los primeros días del año, para poderla distribuir después de Navidad, al inicio del segundo trimestre del curso. Así este número se fecha en 2018, año en el que sale de la imprenta (en enero) aunque recoge los trabajos recibidos a lo largo de todo el año anterior. Creemos que solventamos aquellos inconvenientes y ganamos otras ventajas, como la motivación de los estudiantes que están preparando su participación en la siempre inminente próxima edición de las Reuniones Científicas.

*Por último, creemos que es el momento de animaros a todos a colaborar en esta ilusión. Desde que empezamos hace más de veinte años, hemos de admitir que la iniciación a la investigación en enseñanza secundaria ha mejorado bastante. Los planes de estudio incluyen en el currículo de muchas asignaturas la realización de un trabajo de investigación. En algunas comunidades autónomas se exige un trabajo de estas características a todos los alumnos de bachillerato y en otras existe un bachillerato específico de investigación en el que, en colaboración con las universidades, los estudiantes deben realizar un proyecto investigador. En la asociación de profesores **Investigación en Secundaria**, nos sentimos legítimamente orgullosos de haber trabajado para que se produjera este cambio.*

Estamos absolutamente convencidos que, para que todo esto funcione, el engranaje clave es el profesor y a este elemento fundamental es al que las administraciones públicas deberían cuidar especialmente. Aquí es donde trabaja esta asociación, brindando a los profesores de secundaria herramientas de trabajo y cauces de participación que les motive y ayude en su propia tarea de motivación. Así mantiene, desde hace tantos años, la convocatoria anual de una Reunión Científica para estudiantes de secundaria, la exposición itinerante de paneles científicos “Ciencia en Ruta”, la actividad de intercambio de experiencias “Encuentro entre dos mundos” y la edición de esta revista que ahora renace en sus manos.



www.meridies.info

NUEVAS ESTRATEGIAS EN LA LUCHA CONTRA LA OBESIDAD

Guadalupe Sabio Buzo

Centro Nacional de Investigaciones Cardiovasculares (CNIC) del Instituto Carlos III de Madrid

La prevalencia de la obesidad ha aumentado dramáticamente en los últimos años, siendo actualmente obesos más del 20% de los adultos. Aunque generalmente se piensa que la obesidad es un problema estético, es realmente un problema médico que se asocia al aumento en nuestra sociedad de enfermedades como la diabetes, las enfermedades cardiovasculares y algunos tipos de cáncer. Así, una persona obesa tiene 6 veces más probabilidades de padecer diabetes tipo II y cuatro veces más posibilidades de desarrollar un cáncer hepático. Esta mayor incidencia en personas obesas en la aparición de otras enfermedades hace que tengan el doble de probabilidades de una muerte prematura. Pero además de ser un problema médico, es un problema económico y social. Dado que el número de obesos aumenta cada año, y con él las enfermedades asociadas, muchas de ellas crónicas, el gasto de la Seguridad Social en ellas se prevé que en breve será insostenible. Por estas razones, en los últimos años los científicos de todo el mundo estamos aumentando nuestros esfuerzos para entender los mecanismos moleculares que determinan que engordemos y por qué al engordar aparecen esas otras enfermedades asociadas.

La obesidad se produce por un desequilibrio entre lo que comemos y digerimos y lo que nuestro cuerpo gasta, bien por el ejercicio, bien por nuestro metabolismo basal. Cuando comemos más de lo que nuestro organismo puede usar, el exceso se acumula en el tejido adiposo, cuya principal función es precisamente esa: acumular energía en forma de grasa. Pero el exceso en la acumulación de lípidos en el tejido adiposo puede llegar a sobrepasar su capacidad de almacenamiento. Es entonces cuando este tejido empieza a responder de manera patológica, habiendo células que mueren por el exceso de acumulación grasa. Esto produce una reacción inflamatoria que hace que aparezca la resistencia a la insulina. Ante la incapacidad del tejido graso de acumular el exceso de lípidos, estos empiezan a depositarse en otros tejidos que no están preparados para ello, produciendo diferentes patologías dependiendo del tejido en el que se acumulan. Si es en el hígado se produce el llamado hígado graso, si es en las arterias se produce arterosclerosis, etc.

Durante muchos años, se consideró que la obesidad no era realmente una enfermedad. Se pensaba que era culpa del enfermo, por lo que no estaba del todo justificado el esfuerzo y el gasto de recursos públicos para encontrar la cura de una enfermedad que, según el razonamiento dominante, podía ser evitada con el simple esfuerzo de comer menos. Sin embargo, este concepto cambió cuando se descubrió que había niños que eran muy obesos debido a que poseían una mutación en el gen de una hormona, la leptina. Esta proteína es secretada por el tejido adiposo y **es la causante de la sensación de saciedad**, es decir de que nuestro cerebro nos indique que estamos llenos y no queramos comer más. Los individuos que tenían la mutación, no producía la leptina y, en consecuencia, siempre estaban hambrientos. Cuando estos individuos fueron tratados con leptina sintética su deseo de comer disminuía y adelgazaban rápidamente. Estos resultados demostraron que la obesidad es una enfermedad que, en algunos

casos, no depende solo del enfermo y que hay factores genéticos que podían condicionar su aparición. En aquel momento se pensó que tratando a todos los obesos con leptina se podría evitar la obesidad, pero pronto se dieron cuenta de que no todos los tipos de obesidad son iguales y de que en la mayoría de los casos la leptina no tiene el efecto deseado porque el receptor de esta hormona localizado en el cerebro no responde de la manera adecuada.

Así, hoy sabemos que hay muchísimos genes que afectan a nuestra susceptibilidad a ser más o menos obesos y, en la mayoría de los casos, la combinación de numerosos genes es la que determina nuestra saciedad, nuestro metabolismo basal o incluso nuestra capacidad de digerir o absorber lo que comemos. Es por ello que se necesita mucha investigación para luchar contra esta epidemia del siglo XXI.

El descubrimiento de la leptina marcó un antes y un después en el concepto de la obesidad como enfermedad ya que demostró que el tejido adiposo, además de tener una función de almacenamiento, también tiene una importante función endocrina y es capaz de secretar hormonas que regulan desde el metabolismo de otros tejidos hasta nuestra saciedad. El hecho de que la mayoría de los obesos sea resistente a la leptina, y que esta resistencia se encontrara en el cerebro, hizo que numerosos investigadores y compañías farmacéuticas estudiaran qué determina que tengamos o no hambre. Así, se encontró que un inhibidor del receptor encargado de producir la satisfacción al comer era capaz de disminuir el apetito de los obesos ayudándoles a perder peso. Sin embargo, tras su puesta en el mercado, se observó que producía depresión e incluso hubo varios casos de suicidio asociados al consumo de este medicamento. Como no podía ser de otro modo, el medicamento fue retirado del mercado.

Actualmente, la búsqueda de nuevos tratamientos contra la obesidad se centra, por un lado, en disminuir el consumo de alimentos bien disminuyendo el apetito, bien alterando su absorción y por otro en aumentar el metabolismo basal para gastar más energía. De hecho, ya contamos con un fármaco que consigue que absorbamos peor las grasas que consumimos debido a que bloquea la enzima que digiere la grasa en el intestino. Este medicamento se ha mostrado efectivo y puede disminuir de un 5 a un 10% el peso de personas obesas combinándolo con dieta. Sus efectos secundarios son muy limitados y tan solo se ha observado que hay que acompañarlo con un complejo vitamínico para compensar la falta de absorción de las vitaminas liposolubles.

Por otro lado, numerosos equipos de investigación estamos estudiando cómo aumentar el metabolismo basal para ayudar a perder peso. De un 70 a un 80% de la energía que consumimos en reposo se utiliza para mantener nuestra temperatura corporal. Se sabía que existen dos tipos de grasa, la grasa blanca y la grasa marrón. La función principal de la grasa marrón es quemar los lípidos para producir calor. Esta grasa es abundante en los recién nacidos y les sirve para mantener su temperatura. También lo es en aquellos

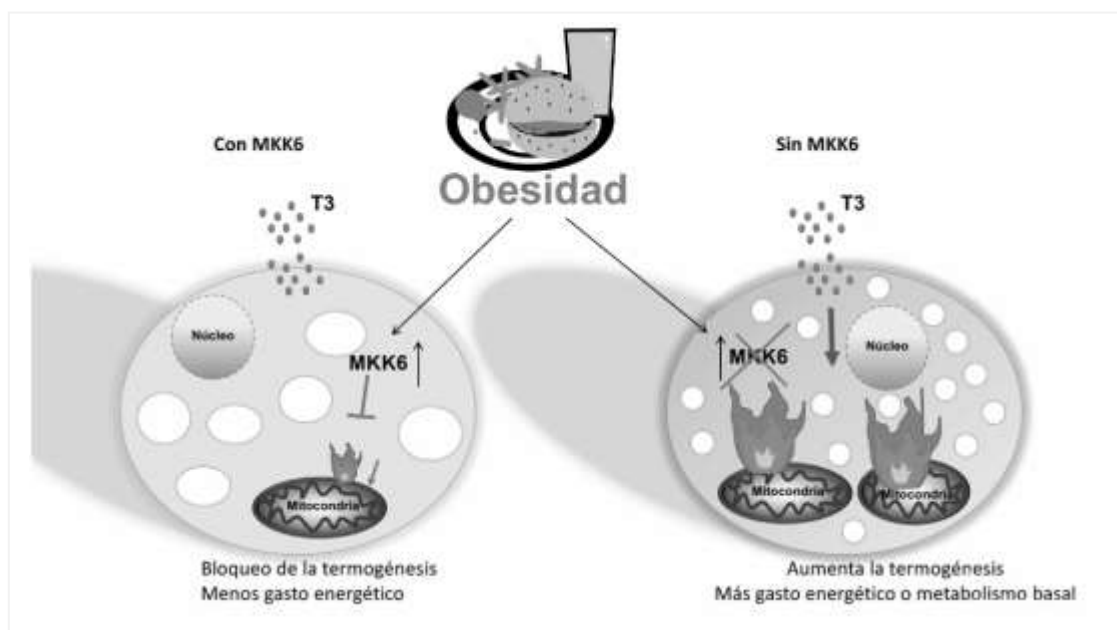


Foto térmica en la que se aprecia en blanco (máxima capacidad calorífica) la localización de la grasa marrón en el ratón (Foto: Nuria Matesanz/CNIC.).

animales que necesitan hibernar, como los osos, y es donde acumulan la energía que utilizan durante la hibernación para mantener su temperatura. Se pensaba que en humanos esta grasa desaparecía durante los primeros años de vida, de manera que en adultos era inexistente. En 2009, con el uso del PET para la detección de tumores, se observó que había un tejido que consumía mucha energía, especialmente cuando el individuo se encontraba a bajas temperaturas. Fue entonces cuando los investigadores describieron que los humanos adultos conservamos este tipo de grasa en la zona del cuello, cerca de la vena yugular. Sorprendentemente, los obesos tenían menos capacidad de activar ese tejido y hacer que quemara la grasa para producir calor. Además, recientemente hemos podido observar que la grasa blanca puede transformarse y convertirse, tras determinados estímulos, en grasa tipo parda. Este proceso tiene muchísimas implicaciones médicas porque supone que, si somos capaces de transformar la grasa blanca de un obeso en grasa tipo parda, más activa y capaz de quemar los lípidos para producir calor, seríamos capaces de ayudar a que los obesos adelgazasen simplemente aumentando su metabolismo basal, a base de aumentar su temperatura corporal.

En nuestro grupo estudiamos los mecanismos moleculares que controlan la transformación de la grasa blanca en la grasa parda. Sabemos ya que esta transformación de blanca a parda se estimula entre, otros factores, por las hormonas tiroideas. Los obesos, además de tener cierta resistencia a las hormonas tiroideas, hemos visto que tienen reducida esta transformación de un tipo de grasa a otro.

Utilizando animales carentes de una proteína llamada MKK6, en nuestro laboratorio hemos demostrado que esta proteína inhibe la transformación de la grasa blanca en parda. Así, la grasa blanca de los animales que carecen de MKK6 es más parecida a la grasa parda. En consecuencia, estos animales tienen más temperatura corporal, más gasto energético o metabolismo basal, eliminando el exceso de comida en forma de calor. Esto hace que, aunque apenas suba medio grado su temperatura corporal, **están protegidos frente a la obesidad** cuando los alimentamos con una dieta rica en grasa. Más interesante aún es que hemos observado un aumento de esta proteína en la grasa de personas obesas, por lo que pensamos que está implicada en la resistencia que aparece en ellos a la hora de activar la transformación de grasa blanca a grasa parda. Nuestros resultados indican que MKK6 inhibiría la transformación inducida por las



hormonas tiroideas. De hecho, se conoce que existe una resistencia a estas hormonas en los pacientes obesos y en los ratones que carecen de esta proteína, su grasa responde mejor al estímulo de las hormonas tiroideas.

Estos resultados tienen una importancia médica clara ya que indican que la proteína MKK6 es una diana terapéutica prometedora y que los posibles inhibidores de esta proteína podrían utilizarse para aumentar el metabolismo basal de los obesos, aumentando su temperatura corporal y ayudando a que eliminen el exceso de grasa en forma de calor y que adelgazaran. Sin embargo, necesitamos más estudios para entender claramente cómo la grasa es capaz de transformarse, cuáles son las dianas más interesantes y cómo podríamos llegar a modular este fenómeno para utilizarlo como terapia.

XXI REUNIÓN CIENTÍFICA PARA ALUMNOS DE ENSEÑANZA SECUNDARIA “PLASENCIA 2017”

Liberto Rodríguez González

IES Parque de Monfragüe. Av. de Extremadura, s/n, 10600 Plasencia, (Cáceres)

INTRODUCCIÓN

A los seres humanos nos gusta establecer fechas simbólicas sobre la que hablar de un antes y un después, o que nos sirvan de punto de partida para una meta nueva. Así el 1 de enero es el comienzo de un año nuevo que, por muy buenos deseos que nos propongamos, muy probablemente será igual que el anterior. Cada cumpleaños supone, una meta, unos nuevos objetivos y a veces, un motivo para mirar hacia atrás: ya tenemos otra edad. Pero hay edades, cumpleaños, a los que se ha dotado de un significado especial. Por ejemplo la mayoría de edad. Además del significado legal de la mayoría de edad, cuando esta se alcanza un nuevo mundo se abre ante nosotros. Hemos dejado atrás, definitivamente la infancia y la adolescencia. Ya somos adultos. Jóvenes, pero adultos.

Este punto de inflexión, que ahora se alcanza a los 18 años durante mucho tiempo fue, como recordarán los que ya peinan canas, a los 21. Y, puesto que, a los 18 no pudo hacerse, aprovechemos este 21 cumpleaños de las Reuniones Científicas, para hablar un poco sobre su organización.

Muchos de los que leen estas líneas, habrán estado en alguna reunión científica (y seguramente más de uno la habrá organizado). Asistimos a las ponencias, a las visitas, escuchamos la conferencias ya las autoridades que asisten. Visitamos la exposición. Y por supuesto, tenemos un sitio para comer e incluso dormir si pasamos más de un día.

¿A qué parece sencillo? Pues no lo es. Pensando en todo lo que conlleva, no puedo dejar de pensar con admiración, en los primeros organizadores, en los pioneros, que no pudieron basarse en la experiencia de nadie. Al fin y al cabo, los que ahora, después de 20 años, organizamos una reunión, podemos aplicarnos la frase de Newton “Llegamos muy alto (es un suponer) porque nos subimos sobre el hombro de gigantes”. El paréntesis es mío.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Organizar la XXI Reunión Científica para alumnos de Secundaria en Plasencia. Esta reunión se denominará “Plasencia 2017”.

Aspectos a resolver:

- Elaborar presupuestos y búsqueda de financiación.
- Buscar el lugar adecuado para conferencias, presentaciones y ponencias.
- Asimismo para la exposición y defensa de los paneles.
- Contactar con personalidades científicas reconocidas para la conferencia inaugural y, si fuera posible, también de clausura.
- Contacto con autoridades y personalidades para la mesa.
- Comida para alumnos/as y vino de honor para profesores y autoridades.
- Elaborar cuadernos.

- Realizar actividades complementarias.
- Visita a industria de la zona.
- Visita a área de interés de la zona.

OBJETIVOS

- Potenciar el interés por la ciencia y la investigación.
- Fomentar, estimular e impulsar la investigación científica en el ámbito de la Enseñanza Secundaria.
- Fomentar la convivencia y el intercambio científico entre alumnos/as de diferentes procedencias.
- Armonizar el necesario rigor científico de estas reuniones con actividades que hagan atractiva la participación a los alumnos/as con vistas a posteriores jornadas.
- Promover el conocimiento de las principales riquezas naturales, culturales y/o económicas de la zona.

MATERIAL

- Modelos de cartas dirigidas a entidades y autoridades.
- Maquetas de revistas y “cuadernos del alumno”.
- Informes de reuniones anteriores.
- Guion para la elaboración del programa.
- Estos materiales proceden de los elaborados por los organizadores de reuniones anteriores
- Nuevas tecnologías: Programas de bases de datos, hojas de cálculo, dibujo y maquetación y sobre todo, el uso del correo electrónico.

MÉTODOS

- Distribución de funciones entre los distintos componentes del grupo de trabajo.
- Envío de cartas a autoridades y personalidades científicas para constituir el Comité de Honor y la mesa. Entre otros:
 - Excmo. Sr. Jefe de la Casa de S. M. el Rey D. Felipe VI.
 - Excmo. Sr. D. Guillermo Fernández Vara. Presidente de la Junta de Extremadura.
 - Excma. Sra. D^a. María Esther Gutiérrez Morán. Consejera de Educación de la Junta de Extremadura.
 - D^a M^a Luisa Guillén Álvarez. Directora Provincial de Educación.
 - Ilma. Sra. D^a .María del Rosario Cordero Martín. Presidenta de la Diputación Provincial de Cáceres.
 - Excmo. Sr. D. Segundo Píriz Durán. Rector Magnífico de la Universidad de Extremadura.
 - D. Francisco Tirado Altamirano. Director-Decano del Centro Universitario de Plasencia
 - Dra. D^a. María Blasco Marhuenda. Directora del Centro Nacional de Investigación sobre el Cáncer.
 - Sr. D. José Adolfo de Azcárraga Feliu. Presidente de la Real Sociedad Española de Física.
 - Dr. D. Agustín Pieren Pidal. Presidente de la Real Sociedad Española de Historia Natural.
 - Dr. D. Jesús Jiménez Barbero. Presidente de la Real Sociedad Española de Química.

- D. Fernando Pizarro García-Polo. Alcalde del Excmo. Ayuntamiento de Plasencia

- Contacto con personalidades científicas, y solicitud a las mismas de su colaboración e impartición de la conferencia inaugural o de clausura.
- Contacto con el Centro de Profesores y Recursos de Plasencia, para solicitar su colaboración en el desarrollo de la Reunión Científica y las gestiones adecuadas con las personalidades científicas
- Visita a los posibles lugares que pudieran servir como sala de conferencias, exposiciones...
- Entrevista con el Sr. Alcalde de Plasencia para solicitar la colaboración del Ayuntamiento, gestor de las salas, para el uso de las mismas. Asimismo, para obsequiar a profesores, conferenciantes y autoridades con un vino de honor, y un lugar adecuado para la comida de alumnos y alumnas.
- Entrevistas con la Jefa del Servicio de Educación Educativa(D^a Eugenia López Cáceres) y el Diputado del Área de Cultura y Política Social (D. Álvaro Sánchez Cotrina) para solicitar la colaboración de la Consejería de Educación de la Junta de Extremadura y la Diputación de Cáceres en el desarrollo y subvención de la Reunión Científica.
- Entrevista con el presidente de la Agrupación de Cooperativas del Valle del Jerte como industria relevante por ser una referencia básica de la economía de la zona y el Campo de Ensayo como nexo de unión entre investigación y economía.
- Contacto con diversas Editoriales para solicitar su colaboración mediante aporte de diverso material: bolígrafos, cuadernos, carpetas...
- Asimismo se contactó con los diversos hostales y albergues de la ciudad, para reservar el número suficiente de camas para los participantes de largo recorrido.

RESULTADOS

- Comité de Honor constituido por:
 - PRESIDENCIA S.M. La Reina D^a Leticia Ortiz
 - Excmo. Sr. D. Guillermo Fernández Vara. Presidente de la Junta de Extremadura.
 - Excmo. Sra. D^a. María Esther Gutiérrez Morán .Consejera de Educación de la Junta de Extremadura.
 - Ilma. Sra. D^a .María del Rosario Cordero Martín. Presidenta de la Diputación Provincial de Cáceres.
 - D. Fernando Pizarro García-Polo Alcalde del Excmo. Ayuntamiento de Plasencia.
 - Dra. D^a María Blasco Marhuenda. Directora del Centro Nacional de Investigación sobre el Cáncer.
 - D. José Adolfo de Azcárraga Feliu Presidente de la Real Sociedad Española de Física.
 - Dr. D. Francisco Marcellán Español. Presidente de la Real Sociedad Española de Matemáticas.
 - D^a M^a Luisa Guillén Álvarez Directora Provincial de Educación.
 - D. Francisco Tirado Altamirano Director Decano de Uex Plasencia
- Centros participantes: 29. A destacar la presencia del Colegio Alternativo Talentos de Trujillo (Perú)
- Alumnos/as participantes: 289
- Profesores/as participantes: 60
- Número de trabajos presentados: 75

- Conferencia inaugural: “*Nuevas estrategias en la lucha contra la obesidad*” a cargo de la Dra. D^a Guadalupe Sabio Buzo, Directora de grupo de investigación en la Fundación Centro nacional de Investigaciones Cardiovasculares del Instituto de Salud Carlos III.
- Conferencia de Clausura a cargo de D^a Bárbara Rodríguez, Codirectora del Centro de Recuperación del bisonte europeo Campillito.
- Espectáculo lúdico-científico a cargo de Circonciencia.
- Visita a la Agrupación de Cooperativas Valle del Jerte.
- Visita al Centro de Recuperación del Bisonte europeo y al Parque Nacional de Monfragüe.
- Visita guiada al entorno monumental y la Catedral de Plasencia.

DISCUSIÓN

Dentro de la satisfacción general por parte de los organizadores y asistentes por el desarrollo de las jornadas cabe incidir sobre algunas actividades cuya realización no fue todo lo satisfactoria posible. Especialmente doloroso fue la anulación, a última hora, de la visita al Campo de Ensayo del Valle del Jerte y la brevedad de la visita a la Agrupación de Cooperativas. Causa: retraso en el inicio de las ponencias orales y prolongación de las mismas. Igualmente la no asistencia de un pequeño grupo de participantes a la visita a la Agrupación de Cooperativas al ser el número de visitantes mayor al de plazas de autobuses contratadas, debido a que algunos centros decidieron participar en esta actividad a última hora, alterando así el número de visitantes para los que se habían contratado plazas en los autobuses.

AGRADECIMIENTOS

A todos los Centros, profesores/a y alumnos/as participantes. Al Centro de Profesores y Recursos de Plasencia. Al grupo de trabajo del IES “Parque de Monfragüe”. A D^a Guadalupe Sabio Buzo y D^a Bárbara Rodríguez Torres por su valiosa y desinteresada aportación. A los componentes de la Asociación I.e.S. (Investigación en Secundaria).

ENSEÑAR A INVESTIGAR, PENSAMIENTO LÍQUIDO Y CRISTALES FLUIDOS

Ricardo D. Basco López de Lerma

IES El Brocense. Av. El Brocense, 2, 10002 Cáceres

Pensar... por extraño que suene en esta vida frenética que llevamos. Pensar para hacer Ciencia y pensar para enseñar a hacer Ciencia. Pensar para Vivir. Primero hay que pensar. Y antes aún, aprender a pensar. La Ciencia no es, como muchos interpretan, un activismo permanente, un cacharreo de tubos de ensayo, recogida de muestras en el campo o burbujeo de gases en reacciones de colores... No, no es sólo eso, aunque sea la parte más aparente de la actividad científica. Eso es el reduccionismo del concepto de Ciencia. Y el mayor error que cometemos los profesores que pretendemos enseñar a investigar. La Ciencia no es la inmediatez. Es el resultado de un proceso lento, sereno, paciente... de actividad neuronal. Lo otro llegará más tarde, firme y preciso, cuando sea el momento adecuado

En realidad, más que pensar, lo que se precisa para investigar, y en definitiva para Vivir, es poner la mente en funcionamiento: imaginar, destruir, crear y recrear, construir esquemas formarles, indagar, intuir..., lo que en inglés, de una forma tan concisa como intraducible, se denomina *to mind: mentear*. Igual que el corazón bombea sangre o el páncreas secreta insulina, el cerebro crea mente: *mentea*. Y genera una maravillosa esfera antropológica de actividad que nos envuelve y nos supera. Una actividad que, me atrevería a decir, incluso nos permite comunicarnos a distancia. Se trata de una red inmensa por la que se viaja a la velocidad del pensamiento y que rompe las barreras temporales, una *www* sin soporte físico y enormemente eficaz que lleva funcionando desde que el ser humano lo es, o puede que incluso antes: ya en chimpancés se extiende el empleo de herramientas, o en los macacos japoneses de la isla de Koshima se enseña y se hereda el conocimiento del uso del agua de mar para salar boniatos. Quizás no sea una simple causalidad que el empleo del fuego apareciera en muchos lugares del mundo al mismo tiempo...

Sin embargo, los estudiantes ya no saben pensar. Me duele reconocerlo, y me duele sentirme partícipe de este perverso sistema educativo y social que ha eliminado el pensamiento de los esquemas de Enseñanza. Me duele que la Educación se haya transformado en un parque temático fofo y acolchado donde la realidad punzante no existe... Pero lo terrible es que el mundo exterior es precisamente así: la Escuela no es más que el espejo de la Sociedad. Un espejo mágico que, como el de Alicia, engulle y devuelve su reflejo después de haberlo remodelado para el futuro. Un círculo vicioso o virtuoso terriblemente efectivo, lento, implacable, tan peligroso como fútil, del que nos damos cuenta cuando los resultados ya están en marcha, cuando hemos atravesado el espejo y no sabemos cuál es la realidad, embobados por la risa fantasmagórica del gato de Cheshire, que aparece y desaparece a su antojo... Una realidad líquida, inestable, falseada por la estupidez eufemística de la falsa verdad:

- *¿Me podrías indicar hacia dónde tengo que ir desde aquí? -pregunta Alicia.*

- *Eso depende de a dónde quieras llegar -responde el gato.*

- *A mí no me importa demasiado a dónde.*

- *En ese caso, da igual hacia dónde vayas.*

- *Siempre que llegue a alguna parte.*

- ¡Oh! Siempre llegarás a alguna parte, si caminas lo bastante.

El filósofo Zygmunt Bauman, premio Príncipe de Asturias 2010, en una lúcida visión, ha descrito la modernidad como una sociedad líquida, con todo lo que de positivo y de negativo ello implica: fluida, dinámica... sí, pero al mismo tiempo inconsistente, amorfa, estructurada apenas en un orden de corto alcance cuando no en desorden absoluto disfrazado de cristal, como la obsidiana. Y eso se aplica, primero, al pensamiento. No hay valores sobre los que apoyarse para construir, los cimientos son expansivos y deslizantes, maleables. Ahora, todo fluye, nada permanece. El Πάντα ῥεῖ (Panta Rey) de Heráclito, pero ya sin ninguna base filosófica: “*Aguas distintas fluyen sobre los que entran en los mismos ríos. Se esparce (...) y se junta (...) se reúne y se separa (...) se acerca y se va*”. Todo se licua: el Amor, la Comunicación, el Arte, la Sociedad, la Política... Y, por supuesto, la Enseñanza. En la época de la *posverdad*, la primera víctima ha sido la Educación. Precisamente, porque desde ella se construye el mundo. Desde un pensamiento inconsistente, se han desgarrado las Humanidades de la Filosofía y de las Ciencias. El esfuerzo, la voluntad y la memoria se han perdido en el camino. Y así, en el desconcierto de la palabrería vana, se premia a los que dicen eliminar los exámenes, a los que hacen “divertida” la enseñanza, a los que *gamifican*... Sin embargo, la realidad es otra, y en el fondo y en la forma son sólo palabras, superficialidades y ocurrencias pedagógicas que ni se consolidan y ni siquiera lo pretenden, pero que han dinamitado el sistema desde los propios docentes y que han hundido el barco: un triste naufragio con el mar en calma y con olas virtuales, pero no por ello menos destructivas.

¿A dónde agarrarnos para seguir enseñando y aprendiendo?, ¿a qué tabla de salvación, como en Titanic, nos aferramos, con los pies helados y la cabeza hirviendo, pero en la que quepamos todos...? Es difícil asumirlo, y más para un docente, pero el acto de enseñar debería partir de la imposibilidad de predecir los resultados que van a obtenerse, de lo imprevisible que es saber qué vamos a recoger mucho tiempo después de arrojar nuestro pan a las aguas. Sólo desde esa humildad de sabernos inconscientes de lo que aprenderán nuestros alumnos por muy cuidadosos que seamos en lo que creemos enseñar, y también de lo que creemos no transmitir, la Enseñanza puede comenzar a reconstruirse.

No creo que en el panorama anterior sea casual el desplome de los grupos de Ciencias, ni el desdén hacia las Humanidades, al lado del transvase a los grupos mixtos, superficiales, prácticamente vacíos de contenidos y de esfuerzo.

Hace poco me reunía con una antigua alumna, ahora estudiante de Biología, para preparar un tema de debate apasionante sobre Genética y Filosofía de la Ciencia: *¿Existe el libre albedrío? ¿Estamos determinados por los condicionantes biológicos, o podemos actuar frente a ellos y ser libres?* Y le comentaba una investigación recientemente llevada a cabo (Noble, Kimberly G. “*Pobreza y cerebro infantil*”. *Investigación y Ciencia*, 488. 44-49, mayo 2017): la constatación de que los cerebros de niños socialmente desfavorecidos presentan anomalías en el desarrollo de las conexiones neuronales que perpetúan los efectos de la injusticia social. Pero que también, esperanzadoramente, pueden ser revertidos si se aplican a tiempo los estímulos y las medidas educativas y sociales adecuadas. Hasta ahí lo comentado, lo analizado: simplemente Ciencia, con derivaciones sociales, pero objetiva, incisiva, precisa y responsable. Al día siguiente, mi ex alumna se reunía con su grupo de trabajo universitario, alumnado de tercero/cuarto de Ciencias Biológicas, para preparar el debate. Y les comentaba los resultados de esa investigación. Sorprendentemente, se negaron a incluirla en la exposición en clase: “*¿Qué van a pensar de nosotros? ¡Esos experimentos son clasistas! Pobres niños, encima de estar ya marginados... Vaya científicos los que han investigado eso... Esa ciencia no es justa...*”

Resulta desolador comprobar no ya que estudiantes de los últimos cursos de Biología no lleguen a comprender un artículo científico, sino que sean incapaces de desarrollar el análisis objetivo de la realidad; aunque, paradójicamente, crean estar reivindicando un pensamiento en lucha, asaltando el cielo... Han crecido, los hemos incubado, en los invernaderos de la ñoñez infantiloides y del buenismo envenenado. Y estas son las consecuencias: una voluntad estúpida basada en la relativización de todo, en la falta de criterios formales, en los eufemismos y en las mentiras/posverdades, en el miedo a pronunciar la palabra certera, aunque la tengamos entre los labios...

Sin embargo, la Ciencia es fluidez, pensamiento adaptable, dinámico... Es capaz de poner en juego muchos escenarios, múltiples ideas, diversas hipótesis ante un problema. Y al mismo tiempo, la Ciencia exige un entramado estable por el que fluyan torrentes de creatividad: un *scaffold*, un andamiaje fuerte y bien construido. Pero en la Sociedad y en la Enseñanza actuales faltan los dos elementos. O mejor dicho, se han invertido de forma terrible: el armazón es ahora fluido, inestable, amorfo... Y el contenido presenta una rigidez dramática. Paradójicamente, ahora el continente se ha de adaptar al contenido, como un guante de látex o un condón que vale para todo tipo de miembros... Y también, como un preservativo, es aséptico y evita la responsabilidad de los actos realizados. Y eso pasa en lo social, en lo político, en lo académico e incluso en las relaciones personales.

Yo no quiero pensamientos cristalizados. Pero tampoco deseo soportes inestables. Ni en mí ni en las personas que me rodean. Mi herramienta educativa, mi entorno académico y emocional, ha sido la investigación en Biología. Crecí como alumno y como docente a la luz de los laboratorios, de las conversaciones científicas y de la excelencia como meta. Y a ello he recurrido como tabla de salvación en la Vida. Y también en la Enseñanza: a la puesta en marcha de pequeños proyectos científicos desarrollados por los estudiantes.

El reto de enseñar a investigar es enseñar a pensar, proporcionar de herramientas para que seamos capaces de construir un andamiaje de Vida, de Ciencia y de Humanidad. Se trata de dotar de esquemas formales sólidos, pero no rígidos, de articulaciones del pensamiento útiles para hacer camino, no para seguir los caminos ya trazados. Y que con esa cimentación, fluyan las ideas y se genere creatividad. Pero además, que nazca la emoción, que se vibre, se sienta y se disfrute con lo que se hace... La Ciencia cuestiona todo y está en permanente revisión, no se ata a esquemas anquilosados ni a resortes inamovibles. Y eso es precisamente lo que debe transmitirse en la Enseñanza: a dudar, a indagar, revisar, remodelar y rejuvenecer el pensamiento dentro de un entramado argumental estable.

Suelo explicar la membrana biológica como un rompecabezas de piecitas diminutas en movimiento que interaccionan de manera precisa: el mosaico fluido. En realidad, se trata de un cristal líquido, como el cuarzo de las pantallas de aquellos primeros relojes digitales. El cristal líquido es un tipo especial de estado de agregación de la materia que presenta al mismo tiempo propiedades de las fases líquida y sólida. Las moléculas de un cristal líquido pueden desplazarse unas respecto a otras con facilidad, de forma semejante a las de un líquido. Sin embargo, mantienen una estructura molecular similar a la de un cristal sólido. La modernidad líquida de Bauman es un hecho, una realidad innegable. Ni la evitemos ni cerremos los ojos ante ella. No caigamos en el mismo error que los estudiantes frente a la investigación sobre el cerebro y la pobreza. Vamos a disfrutar de la fluidez, pero vamos a dotarla de un orden en movimiento. Creo sinceramente que desde las aulas podemos desmontar el pensamiento cristalizado, pero también la inconsistencia fluida. Creo que podemos empezar a crear una Enseñanza y una Sociedad que respondan como cristales líquidos ante los retos que se avecinan.

Si algo queda de todo este torrente de pensamiento debe de ser la lucidez crítica. Si estamos obligados a lidiar con la vaguedad y con la imprecisión, pero cobramos conciencia clara de lo que debe cambiar, hemos empezado a buscar un nuevo comienzo. Y a base de batear la arena en el agua del río, algo se irá decantando. Quizás alguna pepita de oro... Así depura el pensamiento crítico, como el de Zygmunt Bauman, las turbias aguas de la historia y de nuestro tiempo.

Creo apasionadamente en la docencia, confío apasionadamente en los ojos que me miran y que brillan desde el fondo del aula. Sé que construimos o destruimos juntos, y que juntos remamos en el mismo barco, o que nos aferramos juntos a la misma tabla del naufragio. Sé que están dispuestos a aprender lo que deseemos enseñarles, que se emocionan y que vibran con nosotros. Y por eso me duele que les hagamos partícipes de ese vómito líquido de pensamiento relativista que ni es Ciencia ni son Humanidades, que no lleva más que a la degradación del Humanismo y a la crisis de la razón.

Optimista es aquella persona que con los restos de un naufragio monta un astillero. Por desgracia o por fortuna lo tenemos ya todo: una modernidad líquida en la que navegar, las maderas destrozadas del barco, las ratas que ya huyeron...Y el capitán en paradero desconocido. Seamos entonces optimistas.

SE SUPONE QUE...

Jesús Manjón Sánchez

IES Maestro Gonzalo Korreas. Av. de Torremenga, s/n, 10400 Jaraíz de la Vera, (Cáceres)

Hace ahora algo más de un año que nuestro proyecto de investigación era premiado varias veces en el XXIX Certamen de Jóvenes Investigadores 2016. Los dos alumnos autores, Claudia Rodríguez Rodríguez y Juan Sánchez Mateos estaban entonces en 4º y 3º de ESO respectivamente. Ambos llevan tres años trabajando en el equipo de Jóvenes Investigadores de nuestro centro, integrado en estos momentos por ocho estudiantes de ESO que ya ha demostrado su excelencia en sus participaciones en Reuniones Científicas y en Programas de I+D+i de Extremadura. No es fácil involucrar a estudiantes adolescentes en algo tan sacrificado como es la Ciencia. Son muchas tardes de trabajo en el Laboratorio de Biología después de su jornada escolar. Tiene mucho mérito esa entrega a lo largo de todo curso, incluidos, a veces, los periodos vacacionales.

Se supone que nos bastaba con haber sido seleccionados. Sabíamos que teníamos un buen trabajo que dar a conocer y que destacaba por su originalidad. Según la información de las publicaciones especializadas que poseíamos hasta ese momento, nadie había llegado a realizar una investigación semejante que pudiera llenar lo que nosotros considerábamos que era un vacío de conocimiento en lo que se refiere al funcionamiento del corazón de la larva de la mosca de la fruta. Es un animal de laboratorio clásico y muy estudiado. Pero nunca estuvimos seguros al cien por cien de que tuviéramos un hallazgo, pues nuestro acceso a las revistas especializadas es muy limitado.

Por otro lado, desconocíamos prácticamente todo del Certamen de Jóvenes investigadores. De lo único que estábamos seguros es que participarían estudiantes muy preparados, altamente motivados, cursando estudios de Bachillerato. Una vez allí, supimos que muchos eran procedentes de Centros Educativos de ciudades grandes de toda España que poseen convenios con sus Universidades de referencia para la preparación de sus trabajos, la mayoría de ellos cursando 2º de Bachillerato cuando realizaron la investigación. Es decir, nuestros rivales les sacaban un par de años a Claudia y a Juan. Suponíamos que obtendríamos, como mucho, algún accésit, dada la gran calidad y complejidad técnica de algunos de los trabajos. En un magnífico ambiente, marcado por el rigor científico y la distensión, convivimos durante 6 días, del 25 al 30 de septiembre, aproximadamente 100 personas, los 59 jóvenes investigadores procedentes de diferentes puntos de España, los 40 profesores coordinadores y los miembros del jurado y autoridades. El lugar escogido, como es habitual, ha sido el Centro Euro Latino Americano de la Juventud (CEULAJ), perteneciente al INJUVE y situado en Mollina (Málaga), una localidad próxima a Antequera. Trabajar en esas condiciones, plenamente atendidos en nuestras necesidades básicas, ha sido todo un placer. Tener a nuestra disposición varias aulas tecnológicamente preparadas para nuestros ensayos, todo un lujo.

Un jueves 29 de septiembre de 2106, hacia las 10 de la mañana, Claudia y Juan, presentaron su investigación ante el jurado y el público. Lo hicieron con tal madurez y oficio que obtuvieron numerosas alabanzas. Calificativos como: brillante, modélica, rigurosa, etc. fueron algunos de

los empleados por el jurado para definir su intervención. Además de, una vez vistos los hallazgos comunicados, apremiarles para que publicaran en las revistas especializadas, obviamente en lengua inglesa. Al día siguiente llegaron los reconocimientos en forma de premios.

La investigación se titula **De la estructura y la mecánica in vivo de las células ostiolares y la válvula aórtica del corazón de la larva de *Drosophila melanogaster* mediante el análisis de imágenes microscópicas de alta resolución**. Y se puede resumir así: *Drosophila melanogaster* es uno de los modelos de invertebrados más empleados en investigación que posee un corazón tubular con un total de 3 pares de válvulas ostiolares (incurrentes) y una válvula aórtica (excurrente). Poco se conoce de su mecánica de bombeo. Esta investigación muestra los hallazgos realizados mediante la grabación en video HD de la actividad de las células del corazón de larvas vivas de *D. melanogaster*. A gran aumento (400-1000X) se muestran en acción los diversos tipos celulares: cardiomiocitos, células de los ostiolos, válvula aórtica y músculos alares. Con una resolución temporal de 40 milisegundos analizamos la mecánica del corazón de larvas de *Drosophila* y demostramos que hay apertura/cierre simultáneos de los tres pares de ostiolos –igual que en el embrión- a pesar de que se daba por sentado que una onda de contracción sistólica recorre el corazón de la larva de atrás hacia delante. Nuestro trabajo demuestra que el corazón de las larvas se contrae y dilata todo a la vez.

Se supone que con participar representando a España en el XXIX European Union Contest of Young Scientists 2107 Tallin (Estonia) nos dábamos por satisfechos. Lo mejor de la Joven Ciencia Europea de hasta 21 años -además de invitados tan modestos como USA, Canadá, Israel, etc.- se dio cita en la ciudad del Báltico. Se supone que estar allí, atendiendo el puesto de exhibición durante tres días, explicando en inglés a público y jurados nuestras investigaciones, es más de lo que se podría soñar un año atrás. Sé que la experiencia es otro hito de recuerdo imborrable en la memoria de Claudia y Juan. Y, en contra de lo supuesto, volvió a ocurrir: el reconocimiento de la comunidad científica, esta vez la internacional, con el importante premio Representante Europeo en el INTEL Isef Pittsburgh 2018. Allí estaremos en mayo de 2018 y, de momento, no supondremos nada.

Se supone que todo esto era solo una actividad extraescolar más. En realidad este y los nuevos proyectos que estamos desarrollando ahora se gestan en clases ordinarias. En la realización de prácticas de laboratorio que se salen de lo común. Que no son lo que se supone que debieran ser unas prácticas de Biología al uso. En las que no se emplean las rutinas de siempre. Entonces, los alumnos se sienten atraídos, creciendo en ellos la curiosidad y el compromiso por su propio conocimiento. Aflora la confianza en ellos mismos y en el profesor. Es entonces cuando la investigación se proyecta fuera del horario lectivo y nace como actividad extraescolar. Participantes y proyecto medran a la par, modelándose mutuamente, clase tras clase, ensayo tras ensayo. Después vienen las interpretaciones, las consultas bibliográficas y las suposiciones que acaban convertidas en hipótesis de trabajo. Las innovaciones tecnológicas introducidas para la captación y el análisis de imágenes in vivo de las estructuras vivas estudiadas confieren a la investigación una metodología rigurosa, moderna y muy eficaz en la que se basa gran parte de la originalidad de nuestros trabajos. Y resulta económicamente barato y asequible: una cámara digital y un software libre y gratuito para el procesado de imágenes científicas.

Se supone que las nuevas incorporaciones al equipo de jóvenes científicos de nuestro centro son masivas y provocadas por los éxitos de sus compañeros. Falso, casi sin excepción. En

realidad se puede apreciar cierta intimidación ante los logros de aquellos a quienes suponen superdotados. No es cierto que los alumnos se presten fácilmente a la incorporación a este tipo de actividades que se salen de lo convencional. Son muchos los que, en principio, se sienten más cómodos ante una enseñanza más tradicional. Estos proyectos implican un trabajo comprometido y muchos prefieren ponerse a salvo en la rutina que no se sale de la norma. Desconfían de lo nuevo y de lo que se pueda aprender de una experiencia didáctica placentera. No es fácil vencer esa resistencia. En fin, me remito a lo dicho más arriba. Todo surge con el día a día en el aula-laboratorio, estimulando su curiosidad, su interés y su autoconfianza.

Se supone que estas actividades están programadas de antemano pormenorizadamente. Radicalmente falso y alejado de la realidad. Casi nunca sale nada como debiera. Afortunadamente, porque es ahí donde surge lo diferente. Aparecen dificultades y resultados extraños que provocan más interés. Los jóvenes científicos se colocan, de este modo, en una situación marcada por la realidad de las cosas en la que tienen que tomar decisiones y agudizar el ingenio para continuar. Todo se rehace continuamente, especialmente en las primeras fases. Muchas veces dando palos de ciego. Más tarde, con el devenir de los acontecimientos la investigación se cierra cuando se enuncian sus objetivos e hipótesis de trabajo que determinan los métodos empleados. Ya solo hay que esperar a recoger los frutos del análisis de resultados.

Se supone que en Educación Secundaria, y menos aún en un centro rural, no es posible aportar nuevas verdades y hallazgos a la Ciencia. Falso. A las pruebas me remito.

Se supone que las afirmaciones de las revistas científicas y de los libros de texto y tratados constituyen las verdades que deben ser tenidas en cuenta y respetadas. De nuevo, falso. El respeto a los artículos científicos pasa, paradójicamente, por ponerlos en duda. Así, uno de los procedimientos habituales en investigación es repetir experimentos. Permite aprender técnicas de otros y verificar la validez de sus resultados. Eso hicimos también nosotros. *Drosophila melanogaster* es muy fácil de criar y se reproduce muy rápidamente. Además, sus pequeñas larvas son transparentes y esto era perfecto para nuestro objetivo inicial de trabajar en su fisiología en vivo. En realidad, esta investigación surgió casi por casualidad. Algo muy común en Ciencia. A comienzo del curso pasado estábamos más interesados en investigar la proliferación celular in vivo, una cuestión relacionada con cáncer y que es un interesantísimo proyecto que hemos tenido que dejar aparcado, de momento. En una de esas sesiones iniciales pudimos observar el corazón latiendo con una nitidez increíble. Empezamos a interesarnos por sus células, los cardiomiocitos, y nos dimos cuenta de las importantes lagunas existentes en la literatura científica. Se daban muchas cosas por supuestas. Además, el funcionamiento de este corazón que se describía en los artículos que encontramos y en los tratados consultados no coincidía con lo que apreciábamos en nuestras primeras observaciones. No podíamos creerlo. Así pues, decidimos hacer lo que se debe hacer en estos casos: proponer hipótesis acerca de su funcionamiento y comprobarlas con nuestras observaciones. Hasta hoy.

Se supone que la mayoría de los descubrimientos se producen por una feliz casualidad o por un momento de inspiración. Esto es cierto solo cuando el investigador está trabajando de manera denodada y concentrada. Siempre, y en nuestro caso no hay excepción, hay cientos o miles de horas de dedicación a la labor investigadora. Nos ha costado muchísimo tiempo y esfuerzo arrancarle a esta mosca sus secretos del corazón.

Se supone que lo sabemos casi todo de *Drosophila melanogaster*, especialmente lo relativo a su fisiología. Se supone que los científicos profesionales todo lo escudriñan e investigan con sus

sofisticados métodos. Se supone que poco pueden aportar unos jóvenes estudiantes en cuestiones de primera línea. He pensado mucho en esto y creo que tener una respuesta. Los investigadores profesionales usan unas técnicas microscópicas tan sofisticadas y a veces, tan automatizadas en la búsqueda de resultados que no se detienen a contemplar el paisaje que puede ver al mirar por el ocular de un microscopio óptico convencional. A nosotros no nos queda otra: vamos despacio, paso a paso, micra a micra, registrando todo lo que nos deja ver un ser vivo bajo el microscopio. Después, nuestro análisis, aunque empleando las últimas técnicas de procesado científico de las imágenes, es minucioso y no desperdiciamos nada de una información que tanto trabajo nos cuesta grabar. Y así, reparamos en cosas de las que nadie se había percatado.

Debo concluir diciendo que nada nuevo hay bajo el sol algo más de un siglo después de que nuestro ilustre premio Nobel Santiago Ramón y Cajal declarara en “Los tónicos de la voluntad...” (1897) las cualidades y virtudes que debe poseer un investigador, dejando de lado los particulares atributos de entendimiento, para llevar a buen puerto una investigación científica. Destaco tres de ellas, a modo de resumen de lo antedicho, que son: la independencia de juicio, la perseverancia en el trabajo (estudio) y el gusto por la originalidad. Claudia y Juan las poseen. También los compañeros que les siguen en este viaje científico. También muchos de vosotros, jóvenes lectores aficionados a la Ciencia.

Para mí la Ciencia es ese sitio donde ser implacablemente crítico es una virtud deseable, especialmente cuando se aplica al propio trabajo. Es la semilla de la excelencia revestida con una capa de voluntad férrea. Esto basta para desenmascarar aquellas suposiciones que se hacen pasar por verdades.

NOTA DEL EDITOR:

Nota de Prensa del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (www.mecd.gob.es).

28 de septiembre de 2017

EL CERTAMEN EUROPEO DE JÓVENES INVESTIGADORES PREMIA A DOS ESTUDIANTES DE JARAÍZ DE LA VERA

*La edición número 29 del certamen europeo de Jóvenes Investigadores (EUCYS), celebrada entre los días 22 y 27 de septiembre en Tallín, ha concedido el premio INTEL ISEF al proyecto de investigación en biología “De la estructura y la mecánica in vivo de las células ostiolares y la válvula aórtica del corazón de la larva de *Drosophila melanogaster* mediante el análisis de imágenes microscópicas de alta resolución”, llevado a cabo por Claudia Rodríguez Rodríguez y Juan Sánchez Mateos, alumnos del IES Maestro Gonzalo Korreas de Jaraíz de la Vera (Cáceres).*

El premio consiste en una invitación a la Feria Internacional INTEL de la Ciencia y la Ingeniería que tendrá lugar en mayo de 2018 en Pittsburgh y ha sido compartido con otros dos proyectos realizados por estudiantes de Hungría y Portugal. En total han competido en EUCYS 2017 146 estudiantes de 43 países y se han concedido 50 premios entre las diversas categorías.

Previamente, Claudia Rodríguez y Juan Sánchez, que en su trabajo han estudiado el funcionamiento del corazón de la larva de la llamada mosca de la fruta, habían sido ya reconocidos en el certamen nacional de Jóvenes Investigadores en España, cuya final tuvo lugar el 30 de septiembre de 2016, con un premio especial de 5.000 € y una estancia de dos semanas en un centro de investigación del CSIC. Asimismo su profesor y coordinador del proyecto, Jesús Manjón Sánchez, obtuvo una mención de honor del jurado por su labor en aras del fomento e impulso de la investigación entre los jóvenes.

RELACIÓN ENTRE LA ACTIVIDAD AMILASA Y MIELOPEROXIDASA Y LA GRAVEDAD DE LA PANCREATITIS AGUDA

Relationship between the amylase and myeloperoxidase activity and the gravity of acute pancreatitis

Pablo González Téllez de Meneses¹

IES Vaguada de la Palma. Pza. de la Palma s/n. 37007 Salamanca

¹ pablorap_98@hotmail.com.

RESUMEN: La pancreatitis aguda es una enfermedad inflamatoria del páncreas, que puede clasificarse atendiendo a su gravedad como edematosa o necrotizante. Como factores etiológicos más frecuentes destacan la litiasis biliar y el consumo abusivo de alcohol. Entre los modelos experimentales, se consideran los inducidos por inyección retrógrada de taurocolato sódico y por obstrucción bilio-pancreática. Dentro de los parámetros de diagnóstico destaca la concentración de amilasa en plasma y la actividad de la enzima mieloperoxidasa en tejido. Se evalúa la posible relación entre ambos parámetros de diagnóstico con la gravedad de la pancreatitis aguda en dos modelos experimentales inducidos en la rata. Se concluye que la pancreatitis provocada por taurocolato sódico es necrotizante mientras que la provocada por obstrucción bilio-pancreática es edematosa.

Palabras clave: Páncreas, alcohol, diagnóstico, litiasis biliar.

ABSTRACT: Acute pancreatitis is an inflammatory disease of the pancreas, which can be classified according to its severity as edematous or necrotizing. The most frequent aetiological factors are biliary lithiasis and abusive alcohol consumption. Among the experimental models, we consider those induced by retrograde injection of sodium taurocholate and bilio-pancreatic obstruction. Within the diagnostic parameters, we highlight the concentration of amylase in plasma and the activity of the enzyme myeloperoxidase in tissue. The possible relationship between both diagnostic parameters, and the severity of acute pancreatitis in two experimental models induced in the rat, are evaluated in this project. It is concluded that pancreatitis caused by sodium taurocholate is necrotizing whereas the one caused by bilio-pancreatic obstruction is edematous.

Key-words: Pancreas, alcohol, diagnosis, gallstones.

MERIDIES, 17-21 (2018): 23-28.

ISSN (versión impresa): 1137-8794

INTRODUCCIÓN

El páncreas es una glándula que se ubica en el abdomen, junto al intestino delgado. Es una glándula mixta, debido a que tiene una función endocrina y otra exocrina. La función exocrina consiste en segregar enzimas digestivas, como pueden ser las lipasas, proteasas y amilasas, entre otras, al duodeno, la primera parte del intestino delgado, donde ayudan a la digestión de grasas, carbohidratos y proteínas de los alimentos. La otra función es la endocrina, que se encarga de la producción de hormonas como la insulina o el glucagón, relacionadas con el control endocrino del metabolismo de carbohidratos y lípidos. Estas hormonas se segregan al torrente sanguíneo, por el que circulan hasta llegar a otras partes del organismo donde desarrollan su función.

La pancreatitis aguda (PA) es una enfermedad inflamatoria del páncreas, caracterizada por un dolor abdominal agudo, concentraciones elevadas de enzimas digestivas pancreáticas en sangre y en orina, leucocitosis, fiebre, vómitos y taquicardia (Sarles, 1991). La inflamación local puede extenderse y afectar a órganos extrapancreáticos, siendo el síndrome de distrés respiratorio junto con el fallo multiorgánico responsable de la mortalidad asociada a esta enfermedad.

Se pueden distinguir cuatro formas clínicas de pancreatitis aguda, de las cuales destacaremos dos (Beger *et al.*, 1997):

- Edematosa (Figura 1. A): es la forma más frecuente, de carácter leve y autolimitante, caracterizada por edema, necrosis grasa intrapancreática y presencia de ascitis.

- Necrotizante (Figura 1. B): se aprecia necrosis del tejido pancreático, necrosis grasa intra- y peripancreática y hemorragia variable. Es una forma más grave que frecuentemente se complica con la infección de las zonas necróticas.

El pseudoquiste, el absceso pancreático y otras complicaciones de la pancreatitis aguda necrotizante elevan al 10% la tasa total de mortalidad asociada a la pancreatitis aguda (Forsmark y Toskes, 1995).

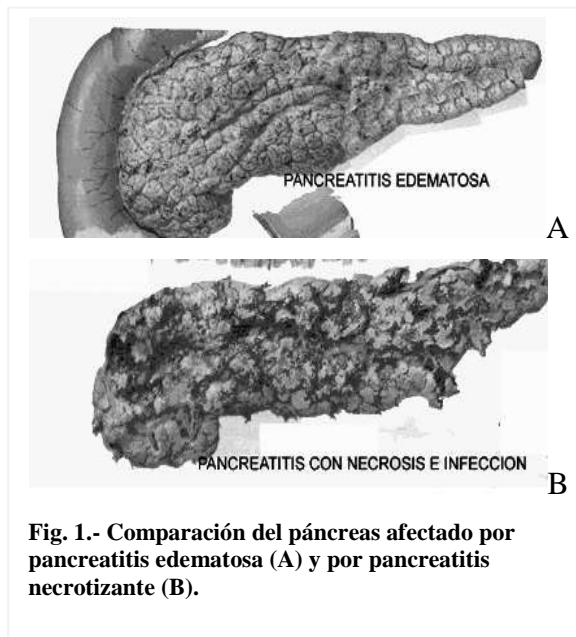


Fig. 1.- Comparación del páncreas afectado por pancreatitis edematosa (A) y por pancreatitis necrotizante (B).

Los últimos estudios clínicos señalan la litiasis biliar como principal causa (Steer, 1995), seguida por el consumo abusivo del alcohol (Singh y Simsek, 1990), generalmente de forma crónica. Entre estas dos etiologías se reparten el 80% de los casos. Del 20% restante, la mitad son las denominadas pancreatitis idiopáticas, es decir sin una causa aparente. La incidencia varía dependiendo de la zona geográfica y el número de afectados varones (57,6%) es mayor que el de mujeres (42,4%), siendo el consumo de alcohol un factor determinante en esta distribución.

Modelos experimentales de pancreatitis aguda

La variabilidad de la pancreatitis aguda en humanos, en lo que a etiología, gravedad y curso clínico se refiere, dificulta la investigación de su fisiopatología. Se han desarrollado numerosos modelos experimentales, que constituyen herramientas fundamentales en el estudio de los factores etiológicos, patogénicos, de diagnóstico y tratamiento de la pancreatitis aguda. Los modelos experimentales in vivo son los más utilizados, por ser de mayor aplicación clínica.

Pancreatitis aguda inducida por la inyección retrógrada de taurocolato sódico (TcNa). Se inyecta taurocolato sódico por el conducto bilio-pancreático de la rata. La gravedad y mortalidad asociada varían en función del volumen y concentración del TcNa perfundido, así como de la presión a la que se realiza la inyección. El fundamento fisiopatológico en este caso parece ser la activación de enzimas lipolíticas por acción de la tripsina en presencia de sales biliares. Con este modelo se consigue una pancreatitis aguda de tipo necrotizante.

Pancreatitis aguda inducida por obstrucción del conducto bilio-pancreático. La teoría del canal común, propuesta por Opie en 1901, ha servido de base teórica para el diseño de numerosos modelos experimentales de pancreatitis, entre ellos los de obstrucción del conducto bilio-pancreático. Este modelo es de gran interés debido a su similitud en cuanto a etiología con la pancreatitis aguda más frecuente en humanos, causada por el paso de cálculos biliares a través del sistema de conductos y el probable bloqueo de la secreción bilio-pancreática como consecuencia de este paso.

Parámetros de diagnóstico en la pancreatitis aguda

Amilasas: La amilasa es una enzima digestiva que interviene en la digestión de los carbohidratos y que se produce en el páncreas y en las glándulas salivales (MedlinePlus, 2013). La alteración de la función pancreática exocrina produce que se libere amilasa a la sangre. Los valores normales en sangre son de 23 a 85 unidades por litro y su aumento indica que hay algún fallo en el funcionamiento del páncreas.

Mieloperoxidasa: La mieloperoxidasa es una enzima distribuida por el organismo y su fuente fundamental son los leucocitos neutrófilos. Cuando hay inflamación en algún tejido, los leucocitos neutrófilos pasan de la sangre al tejido, por ello la observación de la actividad de esta enzima en la muestra de un tejido indica que está inflamado.

Este trabajo se ha planteado partiendo de la hipótesis del diferente comportamiento de la pancreatitis provocada por el taurocolato sódico respecto a la pancreatitis provocada por obstrucción bilio-pancreática y que los métodos de diagnóstico lo pongan de manifiesto.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se analizaron 30 muestras cedidas por el departamento de Fisiología y Farmacología de la Universidad de Salamanca. Nueve eran de tejido pulmonar, nueve de tejido pancreático y doce de plasma y fluido ascítico, todas pertenecientes a ratas de laboratorio¹. Dentro de las muestras de tejido había tres controles, tres con pancreatitis aguda provocada por taurocolato sódico y otras tres con pancreatitis aguda provocada por obstrucción bilio-pancreática. En las muestras de plasma y fluido ascítico había cuatro muestras de cada tipo.

Se siguieron dos métodos diferentes: en muestras tejido se analizó la actividad de la enzima mieloperoxidasa mediante una reacción colorimétrica y en las muestras de plasma y fluido ascítico, se midió la concentración de amilasa por otra reacción colorimétrica. Los análisis se realizaron en el laboratorio del departamento de Fisiología y Farmacología de la Universidad de Salamanca (Fig. 2).

En primer lugar, se realizó una recta patrón para medir la concentración de proteínas mediante Bradford. Una vez hecha esta recta patrón, se prepararon los reactivos y soluciones necesarios para medir la actividad de la enzima mieloperoxidasa y posteriormente los necesarios para medir la actividad de amilasa.



Fig. 2.- El autor realizando los análisis en el laboratorio del departamento de Fisiología y Farmacología.

¹ Este proyecto se atiene a lo dispuesto en la normativa vigente, en particular en el Real Decreto 1201/2005, sobre la protección de animales utilizados para experimentación y otros fines científicos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla I se puede observar que en el páncreas, la actividad MPO que se detecta en la muestra obtenida de ratas con pancreatitis aguda inducida por taurocolato sódico, es mucho mayor que las que hay en la inducida por obstrucción bilio-pancreática, transcurrido el mismo periodo de tiempo. Se puede observar como la primera tiene un aumento de 275 veces respecto al control, mientras que la segunda lo tiene solo de 18 veces, lo que indica que el proceso inflamatorio es más intenso en el modelo necrotizante al mismo tiempo de estudio.

En la tabla II, se observa que a diferencia de lo que ocurre en el páncreas, en el pulmón control sí hay neutrófilos ya que es un órgano que está en contacto con el exterior y se puede contaminar más fácilmente. Los valores no son tan dispares como en el caso del páncreas y en la obstrucción bilio-pancreática son algo mayores, debido, posiblemente, a que la pancreatitis que provoca se extiende más rápidamente.

Los resultados de la actividad de la enzima amilasa (tabla III) indicaron que hay mayor actividad de la enzima amilasa en plasma y fluido ascítico en la pancreatitis inducida por obstrucción bilio-pancreática. El control y la pancreatitis provocada por taurocolato tienen casi el mismo número de unidades. Se encuentran amilasas en el control ya que son enzimas que se producen en las glándulas salivales y en el páncreas. Al haber pancreatitis la

Tabla I .- Relación de los diferentes grupos experimentales del páncreas con las unidades de MPO, las unidades por gramo de tejido y por miligramo de proteína.

GRUPO EXPERIMENTAL	Unidades	U/g Tejido	U/mg Proteína
CONTROL	0,01	0,03	0,01
TAU 3h	2,75	98,05	15,13
BPDO 3h	0,18	0,35	0,17

Tabla II .- Relación de los diferentes grupos experimentales del pulmón con las unidades de MPO, las unidades por gramo de tejido y por miligramo de proteína.

GRUPO EXPERIMENTAL	Unidades	U/g Tejido	U/mg Proteína
CONTROL	0,01	0,03	0,01
TAU 3h	2,75	98,05	15,13
BPDO 3h	0,18	0,35	0,17

Tabla III .- Relación de los diferentes grupos experimentales con las unidades de amilasas por decilitro de plasma y fluido ascítico

GRUPO EXPERIMENTAL	Unidades por decilitro
CONTROL	4,87
TAU 3h	2,31
BPDO 3h	49,85

concentración de amilasas en plasma y fluido ascítico aumenta.

Al comparar los resultados, como en todos los casos, la pancreatitis se desarrolló durante el mismo periodo de tiempo, se puede llegar a una serie de conclusiones. En primer lugar, al observar las gráficas del páncreas, como las unidades de MPO son mucho mayores en la pancreatitis provocada por el taurocolato sódico, se puede decir que en el mismo periodo de tiempo afecta más al páncreas que la provocada por obstrucción bilio-pancreática.

En el pulmón, dado que es un órgano más alejado del páncreas y no es donde se origina la pancreatitis, los dos modelos experimentales afectan casi por igual al órgano.

Por último, el que la pancreatitis provocada por taurocolato tenga casi el mismo valor que el control en las amilasas, o incluso algo menor, se debe a que la pancreatitis provocada por el taurocolato es necrotizante, lo que hace que destruya las células y por consiguiente no aumente la cantidad de amilasas. En cambio la de obstrucción bilio-pancreática es edematosa, es decir, se mantiene la integridad celular aunque está bloqueada la actividad normal de las células pancreáticas, haciendo que aumenten las unidades de amilasas.

Analizando todos los resultados en conjunto, se llega a la conclusión final de que la pancreatitis más grave es la provocada por el taurocolato sódico.

AGRADECIMIENTOS

Al departamento de Fisiología y Farmacología de la Universidad de Salamanca, por haberme dado la oportunidad de trabajar en un laboratorio y muy especialmente a la Dra. D^a Laura Ramudo González.

REFERENCIAS

- Beger, H. G., Rau, B., Mayer, J. y Pralle, U. (1997). Natural course of acute pancreatitis. *World journal of surgery*, 21(2), 130-135.
- Bradley, E. L. (1993). A clinically based classification system for acute pancreatitis: summary of the International Symposium on Acute Pancreatitis, Atlanta, Ga, September 11 through 13, 1992. *Archives of Surgery*, 128(5), 586-590.
- Forsmark, C. E. y Toskes, P. P. (1995). Acute pancreatitis. Medical management. *Critical care clinics*, 11(2), 295-309.
- Lankisch, P. G., Burchard-Reckert, S., Petersen, M., Lehnick, D., Schirren, C. A., Köhler, H., Stöckmann, F., Peiper, HJ., & Creutzfeldt, W. (1996). Morbidity and mortality in 602 patients with acute pancreatitis seen between the years 1980-1994. *Zeitschrift für Gastroenterologie*, 34(6), 371-377.
- Lerch, M. M., & Adler, G. (1994). Experimental animal models of acute pancreatitis. *International journal of pancreatology: official journal of the International Association of Pancreatology*, 15(3), 159-170.
- MedlinePlus. (2013) "Amilasa en sangre" [En línea]. *Biblioteca Nacional de Medicina de los EE.UU.*. <https://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/003464.htm>. [Consulta 12/01/2016].
- Sarles, H. (1991). Definitions and classifications of pancreatitis. *Pancreas*, 6 (4), 470-474.

Singh, M. y Simsek, H. (1990). Ethanol and the pancreas. *Gastroenterology*, 98(4), 1051-1062.

Seligson, U., Cho, J. W., Ihre, T., & Lundh, G. (1981). Clinical course and autopsy findings in acute and chronic pancreatitis. *Acta chirurgica Scandinavica*, 148(3), 269-274.

Steer, M. L. (1995). Recent insights into the etiology and pathogenesis of acute biliary pancreatitis. *AJR. American journal of roentgenology*, 164(4), 811-814.

CARACTERIZACIÓN COLORIMÉTRICA DE LA ROCA ORNAMENTAL DE EXTREMADURA

Colorimetric characterization of the ornamental rock of Extremadura

Nuria Muriel Rubio, Claudia Nogales García, Ana Romero Vázquez,
Mar Sánchez Pulido y Fernando Alfonso Cervel^{1*}

IES Universidad Laboral. Avda. de la Universidad, 53. 1003 Cáceres.

¹fercervel@gmail.com

Profesor coordinador

RESUMEN: Muchas empresas que se dedican a la comercialización de rocas ornamentales las denominan con nombres que hacen referencia a colores que pueden o no coincidir con el original. La colorimetría es la ciencia que estudia la medida de los colores y desarrolla métodos para su cuantificación. Para ello utiliza los valores RGB, que es la composición en términos de la intensidad de los colores primarios (rojo, verde y azul). Mediante este método y utilizando un colorímetro cuyas máximas coordenadas son 255, 255, 255 (blanco) (o su múltiplo x4: 1023, 1023, 1023) y 0, 0, 0 (negro), se caracterizarán concretamente los colores de las rocas ornamentales producidas en Extremadura.

Palabras clave: RGB, color, roca ornamental, Extremadura.

ABSTRACT: Nowadays, most of the companies that are dedicated to ornamental rocks trade, give them names of colours that sometimes don't have to do with the original ones. Colorimetry is the science that studies color measures and it develops as well different methods for its quantification. To get this objective, it uses RGB values, which is the composition in terms of primary colours density (red, green and blue). By means of this method and using a colorimeter whose maximum coordinates are 255, 255, 255 (white) (or its multiple x4: 1023, 1023, 1023) and 0, 0, 0 (black), ornamental rocks' colours (rocks that come from Extremadura) will be specifically characterized.

Key-words: RGB, colour, ornamental rocks, Extremadura-

MERIDIES, 17-21 (2018): 29-38

ISSN (versión impresa): 1137-8794

INTRODUCCIÓN

Las rocas ornamentales, también llamadas rocas naturales, son aquellas que se explotan de manera industrial para su comercialización en el territorio de la construcción. Suelen usarse aquellas rocas que tienen una belleza estética visual (dada por su color y su textura) y que por otra parte tienen una resistencia alta, ya que van a ser usadas a la intemperie y deberán resistir a varios fenómenos naturales.

La industria dedicada a la explotación de roca ornamental es una fuente indiscutible de riqueza en Extremadura. Las actuales explotaciones de roca ornamental de Quintana de la Serena, con su emblemático granito Gris Quintana, y las Pizarras de Villar del Rey, son las responsables de que Extremadura se encuentre a la cabeza de la producción de piedra natural, gracias a su gran patrimonio natural, en este caso geológico.

La predominancia de este tipo de rocas tiene una explicación puramente geológica: Extremadura se encuentra enclavada geológicamente en el Macizo Ibérico, y dentro de él en la Zona Centro-Ibérica, la mitad Norte, y en la de Ossa Morena, la mitad Sur.

-La zona Centro-Ibérica se caracteriza por la abundancia de rocas metasedimentarias detríticas: grauwacas, areniscas, pizarras, conglomerados, cuarcitas y en menor medida materiales carbonatados como calizas y dolomías. Con edades que abarcan desde los 600 a los 300 Ma. (Precámbrico y Paleozoico). Representa una zona litoral y de plataforma continental poco profunda. Plegadas por la orogenia Hercínica, forman grandes estructuras en anticlinorios

y sinclinatorios, estando afectadas por un metamorfismo de bajo grado. Las intrusiones graníticas hercínicas adquieren gran importancia en esta región, destacando el Sistema Central.

-La zona de Ossa-Morena representa una zona algo más antigua que la Centro-Ibérica (650-300 Ma). Las rocas se depositaron en un medio más profundo: plataforma y talud continental. Siguen predominando las rocas metamórficas, aunque de metamorfismo más intenso, y las ígneas intrusivas, con mayor presencia de rocas volcánicas. Las estructuras tectónicas son pliegues y cabalgamientos vergentes hacia el SW, replegados por fases posteriores subverticales.

Es por este motivo que las rocas extraídas con fines ornamentales o constructivos son principalmente:

-Las pizarras (rocas metamórficas silíceas) son utilizadas desde muy antiguo para techar, como piedra para muros y mampostería. Pero a pesar de que el 50% de la superficie total del territorio extremeño esté ocupado por pizarras, hasta el momento sólo un área muy concreta ha desarrollado una importante industria extractiva. Se trata de las canteras de Villar del Rey (NO de la provincia de Badajoz), iniciadas en el siglo XVIII, que constituyen una de las explotaciones de pizarra para techar más antiguas de España, y que además cuenta con grandes reservas. Las pizarras aquí extraídas tienen una edad Silúrico superior-Devónico medio y son de color negro y exfoliación muy lisa y homogénea, presentándose en capas verticalizadas que ocupan el núcleo de un sinclinal. Estas características físicas las diferencian de la mayoría de las otras pizarras de edad precámbrica que ocupan las penillanuras de Extremadura.

-Los granitos (en general, rocas magmáticas plutónicas mayoritariamente hercínicas) son sin duda el mayor recurso minero de piedra natural de Extremadura. No en vano, casi la mitad de las variedades comerciales españolas de granito ornamental, más de 30, se encuentran representadas entre las provincias de Cáceres y Badajoz. Las áreas de extracción están ampliamente distribuidas en la geografía regional, pudiéndose agrupar en cuatro grandes lineaciones que de Norte a Sur son: Sierra de Gata-Sistema Central-Navalmoral, Batolito de Extremadura Central, Alburquerque-Mérida-La Serena y Olivenza-Zafra-Monesterio.

Actualmente, los usos de las principales variedades de granito que se comercializan en Extremadura están relacionados con el revestimiento de exterior y de interior. Pero a lo largo de la historia, el granito, ha sido la piedra predominante en la construcción de los monumentos que hoy constituyen el gran patrimonio histórico-artístico extremeño. Sirvan de ejemplo el Puente Romano, el Acueducto de los Milagros o el Anfiteatro de Mérida, construidos con sillares graníticos (granodioritas, dioritas y gabros) extraídos del Macizo Granítico de Mérida, aunque en algunas construcciones se empleó granito de canteras toledanas.

A partir de esta información, podemos concluir que la base estructural del patrimonio monumental de Extremadura es el granito, término comercial utilizado para denominar todas las rocas plutónicas (que petrológicamente se denominan granitos, granodioritas, sienitas, dioritas, gabros, etc.), e incluso alguna roca metamórfica como los gneises.

Actualmente, el Instituto Tecnológico de Rocas Ornamentales y Materiales de la Construcción (INTROMAC) tiene caracterizadas todas las rocas ornamentales producidas en Extremadura tanto petrológicamente como las características tecnológicas: Peso específico, Coeficiente de absorción, Resistencia a la compresión, Resistencia a la flexión, Resistencia al desgaste, Resistencia al impacto, Helicidad, Porosidad, Choque térmico, Microdureza knoop, Cristalización de sales.... Sin embargo, la caracterización del color es totalmente aproximada, muy ambigua y en ocasiones puede llevar a error, a diferencia de lo que ocurre con el silestone, material alternativo a la piedra natural más utilizado, mucho más homogéneo en cuanto al color.

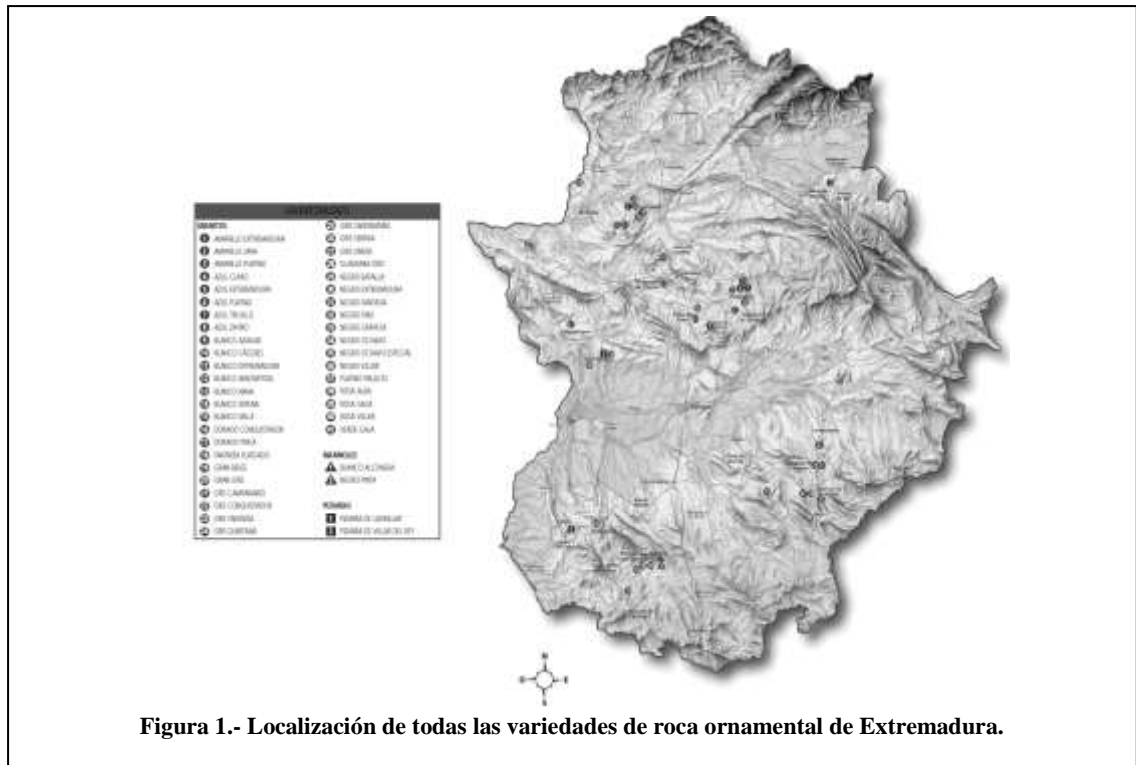


Figura 1.- Localización de todas las variedades de roca ornamental de Extremadura.

Por este motivo, esta investigación trata de idear un método para caracterizar de forma objetiva el color de las rocas ornamentales de Extremadura.

MATERIAL Y MÉTODOS

La colorimetría es la ciencia que estudia la medida de los colores y que desarrolla métodos para la cuantificación del color, es decir la obtención de valores numéricos del color, para que una vez que se encuentran cuantificados poder operar con ellos y deducir características de los colores obtenidos mediante mezclas, así como para averiguar las cantidades que hay que mezclar de varios colores elegidos y considerados como primarios para obtener el color deseado. Para ello utiliza los valores RGB, que es la composición en términos de la intensidad de los colores primarios (Red, Green, Blue).

El **RGB** es el método de caracterización colorimétrica más utilizado y, como ya hemos dicho, emplea como coordenadas los colores primarios rojo, verde y azul, los cuales se utilizan de forma aditiva para representar cada color, por lo que con ella se pueden representar una gama muy amplia de colores visibles; la mezcla de los tres en iguales intensidades (adición) resulta en grises claros, que tienden idealmente al blanco. Los valores RGB son expresados en una combinación de 3 cifras cuyos valores mínimo y máximo son 0 y 255 respectivamente, mezclando los diferentes valores de un modo u otro obtendremos los diferentes colores.

El valor 0,0,0 corresponde con el color negro o la ausencia de color, y el valor 255,255,255 corresponde con el color blanco.

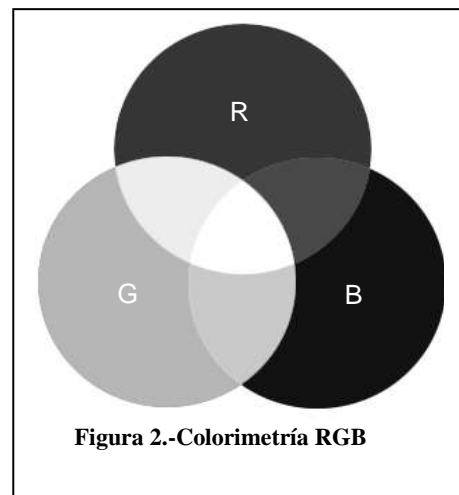


Figura 2.-Colorimetría RGB

Los colores se definen por un parámetro conocido como 'saturación', un color es más saturado cuando la diferencia entre los valores RGB es más grande, pero, si la diferencia entre esos valores es pequeña su saturación por lo tanto es menor.

Para poder establecer un color determinado a una roca, hemos utilizado un colorímetro de mano (PCE-RGB 2) que nos mostrará los valores de color RGB en el área medida.

Este colorímetro se basa en una tecnología de microsistema precisa y funciona según el método espectral. Una fuente de luz definida ilumina la prueba y la luz reflejada por la superficie se mide de modo espectral y es representada en la pantalla del colorímetro. Con este aparato se pueden medir también superficies luminosas de forma relativa.

Los resultados de la medición con el colorímetro **PCE-RGB 2** muestran los datos en su indicador, pero también se pueden transmitir los datos al PC con el software para su posterior valoración.

El campo de aplicación del aparato está muy extendido. Se emplea para el control objetivo de calidad de colores en la producción para control de distancias de colores de pruebas de color, para estándares de color, así como para la medición de color absoluta



Figura 3-Colorímetro PCE-RGB 2

Para tomar medidas de color en cada roca con más eficacia hemos usado una plantilla de 5x5 cuadrados, superpuesta sobre la superficie de una baldosa pulida de 30x30 cm. (Figura 4).

Mediante este método, obtuvimos 25 valores (representados en paletas utilizando la App Palettes Pro) de diez rocas ornamentales diferentes, todas ellas producidas en Extremadura.



Figura 4.- Toma de medidas de color

La **App Palettes Pro** es una aplicación de uso profesional para iPad y iPhone que mediante los valores RGB te permite crear combinaciones de colores para cualquier objetivo. Además te permite crear ruedas de colores, encontrar los colores monocromáticos y complementarios ver disposiciones de vista previa, etc.

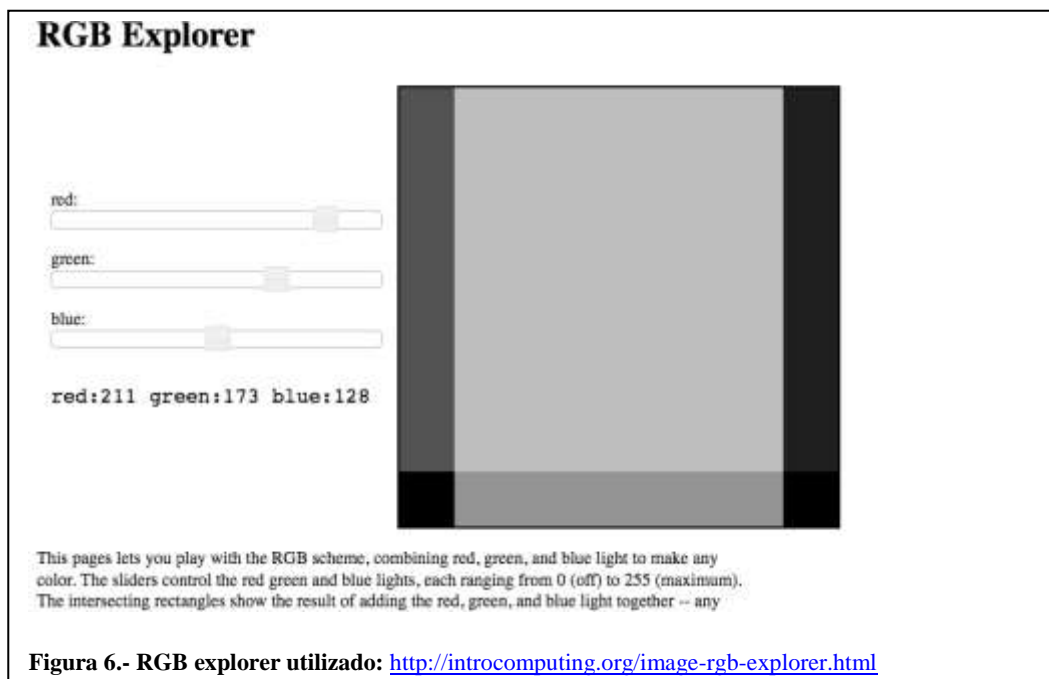


Figura 5.- Vista de la App Palettes Pro utilizada para la creación de las paletas de color.

También llevamos a cabo una **encuesta** a 27 personas (todas ellas alumnos de bachillerato) que de forma individual y en las mismas condiciones de luz eligieron uno o dos de los colores obtenidos por el colorímetro como más representativos de cada una de las muestras. Esta segunda parte del estudio tiene por objeto determinar si la percepción humana del color ante muestras tan heterogéneas sigue algún patrón.

Por último, los colores que han resultado ser los más representativos de la roca, bien por su predominancia o por su mayor percepción, han sido representados usando un explorador RGB online (<http://introcomputing.org>).

Con el RGB explorer puedes jugar con el esquema RGB, combinando la luz roja, verde y azul para crear cualquier color. Los deslizadores controlan las luces, cada uno en los límites de 0 a 255 (el valor máximo). Los rectángulos que se cruzan muestran el resultado de añadir la luz roja, verde y azul juntos. Cualquier color puede ser creado de este modo.




Se caracterizaron un total de diez rocas ornamentales comercializadas en Extremadura, elegidas por sus diferentes texturas y coloraciones. A continuación las citamos con su nombre comercial y con su denominación petrológica correspondiente:

- Amarillo Jara (Granito Porfídico de dos micas)
- Azul Trujillo (Granito de dos micas)
- Azul Zafiro (Granito biotítico)
- Blanco Valle (Leucogranito moscovítico)
- Gris Campanario (Granito de dos micas con megacristales de feldespato)
- Gris Quintana (Monzogranito Biotítico)
- Guadiana Oro (Granito de dos micas)
- Negro Ochovo Especial (Cuarzo monzonita, diorita biotítico-anfibólica)
- Rosa Villar (Granodiorita biotítico anfibólica)
- Pizarra de Villar del Rey (Pizarra)

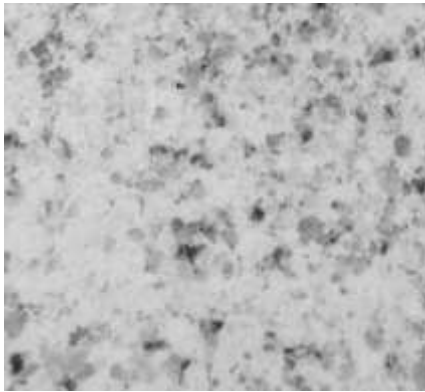
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en cada roca ornamental se presentan de la siguiente manera:

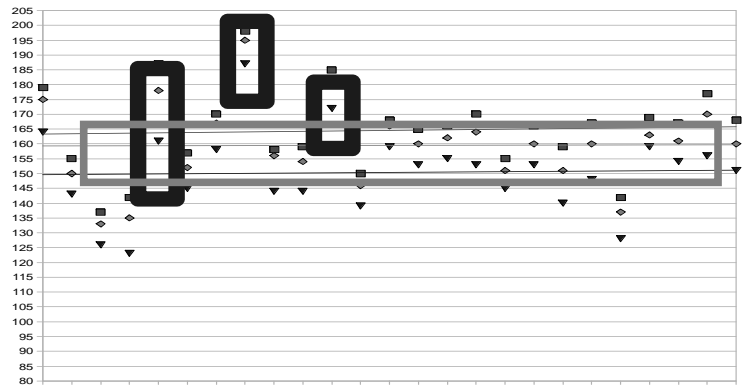
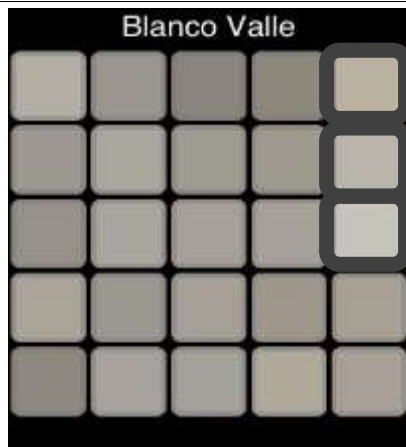
<p>Fotografía de la roca pulida</p>	<p>Tabla con los 25 valores RGB medidos en cada muestra de roca.</p>				
<p>Paleta de colores obtenida de cada roca ornamental a partir de la App Palettes Pro. En ella se señalan los colores elegidos mayoritariamente en la encuesta mediante cuadrados rojos.</p> <div style="text-align: center;">  </div>	<p>Gráfica en la que se representan los valores medidos de cada roca.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <p>■ R — Regresión lineal para R ◆ G — Regresión lineal para G ▼ B — Regresión lineal para B</p> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; display: inline-block; margin-bottom: 5px;">Colores predominantes</div> <div style="border: 2px solid gray; padding: 5px; display: inline-block; margin-top: 5px;">Colores más percibidos</div> </div>				
<p>Descripción e interpretación de los resultados</p>					
<p>Conclusión: Caracterización colorimétrica de la roca, obtenidos mediante el RGB explorer online: introcomputing.com.</p>					
<p>COLOR PREDOMINANTE</p>			<p>COLOR MÁS PERCIBIDO</p>		

A continuación se exponen tres de las rocas ornamentales caracterizadas, como ejemplo de los resultados obtenidos.

BLANCO VALLE (Leucogranito moscovítico)



R	179	155	137	142	187
G	175	150	133	135	178
B	164	143	126	123	161
R	157	170	158	159	185
G	152	167	156	154	181
B	145	158	144	144	172
R	150	168	165	166	198
G	146	166	160	162	195
B	139	159	153	155	187
R	170	155	166	159	167
G	164	151	160	151	160
B	153	145	153	140	148
R	142	169	164	177	168
G	137	163	160	170	160
B	128	159	154	156	151



-Los valores de saturación en rojo son, generalmente, mayores que en verde y estos mayores que en azul: $R > G > B$

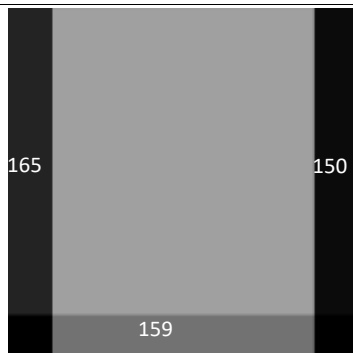
-Roca bastante homogénea:

Valores de R: 137/198; Valores de G: 133/195; Valores de B: 123/187

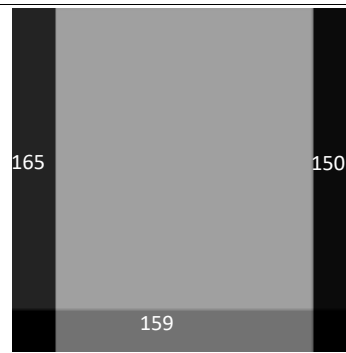
-El 52 % de los colores obtenidos están comprendidos entre este rango de valores:

R: 155/170; G: 150/165; B: 140/155

-El 78% de los observadores eligen como más representativo uno de los colores con valores de saturación más altos: RGB (187,178,161); RGB (185,181,172); RGB (198,195,187)

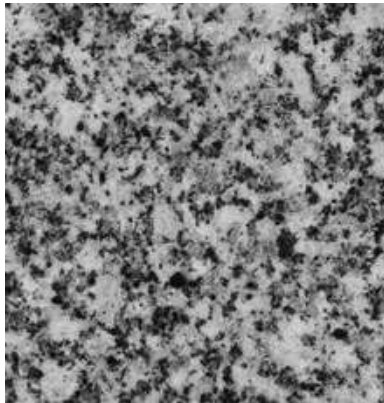


COLOR PREDOMINANTE

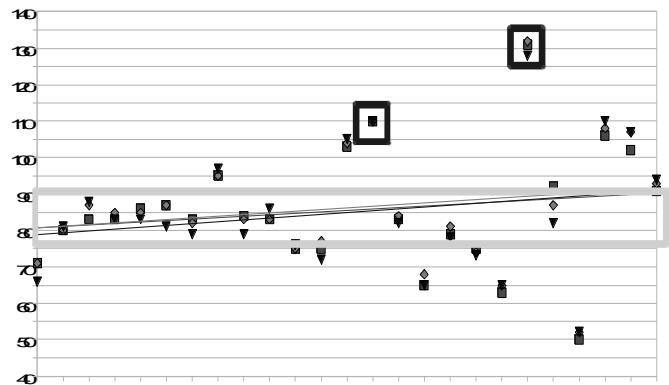
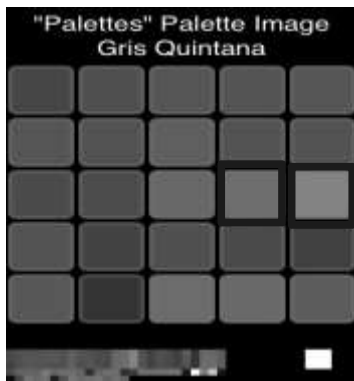


COLOR MÁS PERCIBIDO

GRIS QUINTANA (Monzogranito Biotítico)



R	71	80	83	83	86
G	71	80	87	85	85
B	66	81	88	83	83
R	87	83	95	84	83
G	87	82	95	83	83
B	81	79	97	79	86
R	75	75	103	110	131
G	75	77	104	110	132
B	76	72	105	110	128
R	83	65	79	75	63
G	84	68	81	74	65
B	82	65	78	73	65
R	92	50	106	102	91
G	87	52	108	107	93
B	82	52	110	107	94



-Los valores de saturación en rojo, verde y azul son siempre similares: $R \approx G \approx B$

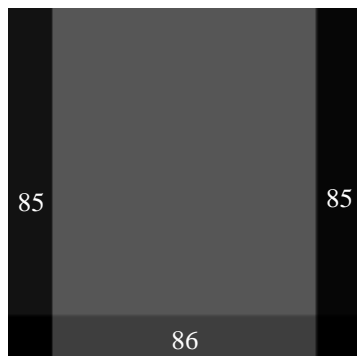
-Roca de heterogeneidad media:

Color más oscuro: 50,52,52

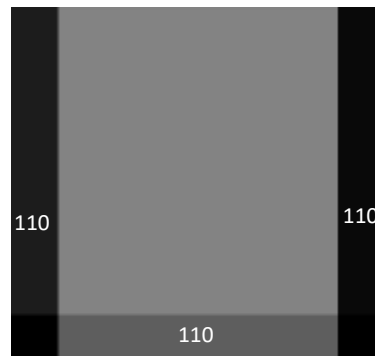
Color más claro: 131,132,128

-Los valores más repetidos son los comprendidos entre 80 y 90 (40%).

-Los colores que el 30% de los observadores eligen como más representativos de la roca son los de valores de saturación más altos (>100), por tanto más claros (próximos al blanco).

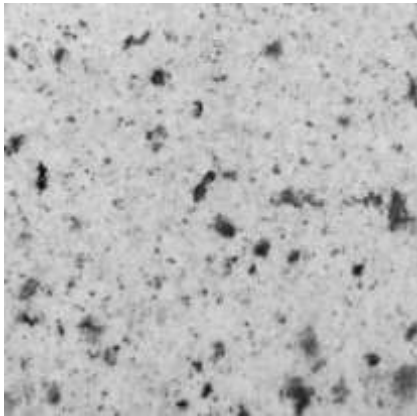


COLOR PREDOMINANTE

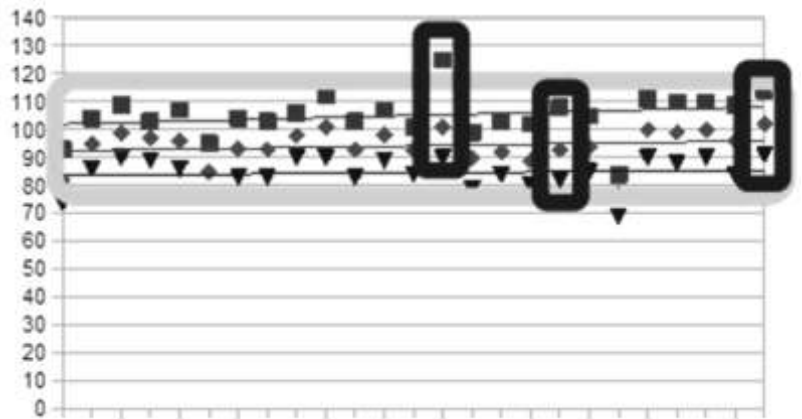


COLOR MÁS PERCIBIDO

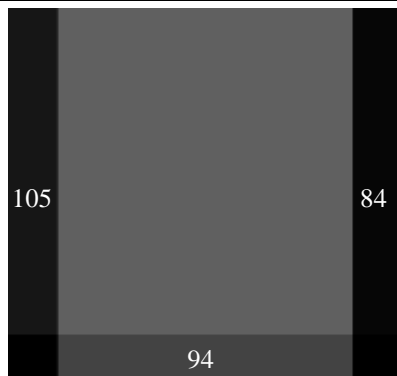
GUADIANA ORO (GRANITO DE DOS MICAS)



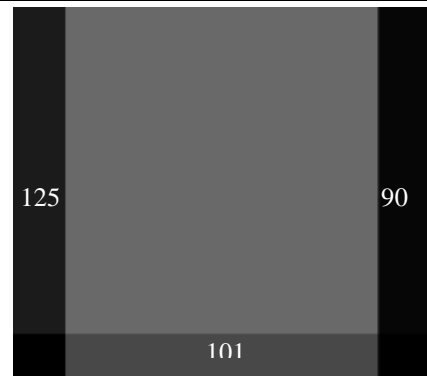
R	93	104	109	103	107
G	82	95	99	97	96
B	74	86	90	89	86
R	95	104	103	106	112
G	85	93	93	98	101
B	76	83	83	90	90
R	103	107	101	125	99
G	93	98	93	101	90
B	83	89	84	90	79
R	103	102	108	105	84
G	92	89	93	94	77
B	84	80	82	85	69
R	111	110	110	109	114
G	100	99	100	96	102
B	90	88	90	84	91



- Podemos ver que todos los colores medidos presentan una mayor saturación de rojo, con valores comprendidos entre 90 y 110. Mientras que los valores de verde se encuentran entre 90-100 y los del azul, entre 80-90. **R>G>B**
- Roca bastante homogénea en color ya que el 97% de los colores presentan unas coordenadas RGB entre 80 y 110.
- El 48% de los observadores han elegido el color que representa a la roca con un valor de saturación en rojo más alto, ya que predomina el fondo en la percepción: R:125 G:101 B:90



COLOR PREDOMINANTE



COLOR MÁS PERCIBIDO

Las conclusiones obtenidas de carácter general de mayor relevancia y que nos permitirán seguir con nuestro proyecto y poder obtener más resultados. Son las siguientes:

-La denominación comercial de muchas rocas ornamentales utilizan un término que hace referencia a un color ambiguo y muy variable, como el gris, y en muchos casos no se corresponde con la realidad, como los azules, oro, amarillo,...

-La caracterización del color de la mayoría de las rocas, principalmente de las plutónicas, es muy complejo debido a la heterogeneidad mineral y textural que presentan.

-Para determinar el/los color/es que mejor caracterizan a la roca es necesario un análisis individual, no existiendo un modelo de actuación válido para todas.

-En la mayoría de los casos estudiados se puede obtener uno o dos gamas de colores predominantes.

-Los observadores suelen decantarse por los colores que ocupan el fondo de la roca, normalmente más claros. Solamente en los casos en que la roca presenta fenocristales de colores muy diferentes a los del fondo, son elegidos mayoritariamente.

AGRADECIMIENTOS

Queríamos agradecer a D. Juan José Tejado Ramos, Coordinador del Departamento de Rocas Ornamentales, Productos y Obras de Construcción del Intromac, por el planteamiento de la idea, por su asesoramiento y por habernos facilitado las muestras necesarias.

Y a D. Rafael Quintero Vicente, profesor de Educación Plástica y Visual del IES Universidad Laboral de Cáceres, por habernos asesorado y ayudado en los temas relacionados con la composición del color y la realización de las fotografías.

REFERENCIAS

- Anuario (1995). *Piedras Naturales de España*. Ed. Roc. Máquina.
- Bustillo et al. (2001). *Rocas Industriales. Tipología, aplicaciones en la construcción y empresas del sector*. Ed. Rocas y Minerales. 410 p.p
- Junta de Extremadura. (1996). *La Piedra Natural de Extremadura*. Consejería de Economía, Industria y Hacienda Ed. Roc Maquina
- López Jiménez, C. (1996). *Manual de Rocas Ornamentales*. Ed. Entorno Gráfico S.L
- Perianes Valle, A.; Alcalde Molero, C.; González, J.M.; Ollero, A.; Tejado Ramos, J.J. Y Mota López, M.I. (2004). *Atlas de las Rocas Ornamentales de Extremadura*. Consejería de Economía y Trabajo. Junta de Extremadura. 152 pág.
- Instrumentos de medida. (2013). Equipos de medida - Balanzas - Regulación y control. PCE Ibérica S.L. [En línea] <http://www.pce-iberica.es/>[Consulta 22/11/2013].
- RGB Explorer (2013-2014). Explorador de colorimetría RGB. [En línea] <http://introcomputing.org/image-rgb-explorer.html> [Consulta Diciembre 2013 - Febrero 2014].
- Universidad de Almería (2013). Apuntes de Colorimetría de la Dr. María Jesús Ariza Camacho. Departamento de Física Aplicada. [En línea] <http://www.ual.es/~mjariza/Tema2NatApuntes.pdf>. [Consulta Diciembre 2013].
- Universidad Nacional Autónoma de México (2013). Páginas personales. [En línea] http://www.paginaspersonales.unam.mx/files/472/COLORIMETRIA_NEWTON_GRASSMANN.pdf. [Consulta Diciembre 2013].

ESTUDIO DE LA VELOCIDAD DE ENFRIAMIENTO DE DIFERENTES MATERIALES

Study of the different materials' speed of cooling

Stefania Tabuc, Alicia Vázquez de Luis, Mario Sánchez Manchado, Mario Sánchez Alonso, Manuel Palenzuela Merino, Blanca Fernández Galán, Piedad Gallego Nogueras^{1*} y Carlos Salamanca Núñez*

IES Francisco Salinas. c/ Julita Ramos s/n. 37004 Salamanca.

¹ pigalno@gmail.com

*Profesores coordinadores.

RESUMEN: En este trabajo estimamos el enfriamiento de distintos materiales representando gráficamente la pérdida de calor del sistema con sus inmediateces basándonos en el intercambio de calor entre dos cuerpos.

Los materiales utilizados fueron tanto sólidos como líquidos: agua, arena, bloque de madera, bloque de granito y bloque de arenisca. Para que los datos pudieran ser comparados, se utilizó el mismo volumen de cada uno, por lo que en primer lugar se procedió al cálculo del volumen de los bloques sólidos mediante inmersión en agua. A continuación se colocaron en una estufa hasta conseguir que alcanzaran una temperatura de 60°C. Para determinar la pérdida de calor se midió la temperatura de los diferentes materiales cada minuto, hasta que alcanzaron la estabilidad térmica, con termómetros introducidos en orificios realizados para este fin.

Los datos obtenidos se llevaron a una tabla y se realizó un gráfico que facilitó el estudio comparativo del enfriamiento de cada material.

Por otro lado, comprobamos la alta capacidad calorífica del agua situando dos globos próximos a una fuente de calor (vela). Si el globo contiene aire estallará pero si el globo tiene agua en su interior, el calor se transfiere al agua por lo que el globo no se calienta lo suficiente como para explotar.

Palabras clave: calor, enfriamiento, sólidos, líquidos, capacidad calorífica

ABSTRACT: In this study we estimated the cooling of different materials representing graphically the heat losses of the system with its environment according to the exchange of heat between both bodies.

The materials used were both solids and liquids: water, sand, a wooden block, granite block and sandstone block. For the data to be compared, the same volume was used for each, so to start we proceed to calculate the volume of the solid blocks by immersion in water. Later on they were placed in a heater until reaching a temperature of 60°C. To determine the temperature loss, the temperature of the different materials was measured every minute, until they reached thermal stability, with thermometers introduced in holes made for this end.

The data obtained were introduced into a chart and a graphic was made to ease the comparative study of the cooling of each material.

On another hand, we checked the high heat capacity of water by placing two balloons next to a source of heat (candle). If the balloon contains air it bursts, while if it has water in it, the heat is transferred to the water and so the balloon does not warm enough for exploding.

Key-words: heat, cooling, solids, liquids, heat capacity

INTRODUCCIÓN

La capacidad calorífica de una sustancia se define como la cantidad de calor necesaria para elevar su temperatura en 1°C.

Los materiales aumentan de manera diferente su temperatura cuando se les aplica calor. Algunos materiales necesitan poca energía para aumentar su temperatura y otros necesitan una mayor, esto depende del calor específico del material, y de su volumen. Sustancias con un alto calor específico, necesitan mucha energía para que su temperatura se eleve, pero son capaces de conservar la energía por más tiempo, por lo tanto su enfriamiento es más lento que el de los materiales de bajo calor específico, que necesitan poca energía para calentarse, pero se enfrían más rápido debido a que almacenan una energía menor.

El agua es uno de los elementos con mayor calor específico, y quedó definido el calor específico de esta como la unidad para medir esta magnitud. El alto valor para el calor del agua, explica por qué se demora más para calentarse que un trozo de metal, y esto la hace útil para ser utilizada como buen refrigerante, pues puede almacenar y transportar una mayor cantidad de energía térmica.

Cuando dos sistemas a diferente temperatura se colocan juntos se produce una transferencia de calor hasta que se igualan las temperaturas (Fig. 1). A través de la calibración de las curvas de enfriamiento podemos estimar la pérdida de calor del sistema.

Una técnica sencilla para medir el calor específico de sólidos o líquidos es calentar la sustancia hasta cierta temperatura conocida y medir su temperatura hasta que se alcance el equilibrio térmico. Si tenemos dos cuerpos con distinta temperatura, uno en contacto con otro (en nuestro caso el material de estudio con la atmósfera) podría comprobarse que el cuerpo más caliente se va enfriando hasta que alcanza la temperatura atmosférica, es decir, llegarán a una situación final denominada estado de equilibrio térmico que se caracteriza por la uniformidad en la temperatura.

El agua en general, y el agua oceánica en particular, tiene unas propiedades únicas que la distinguen de otros fluidos. Dentro de las propiedades físicas más importantes están su elevado calor específico y su baja conductividad térmica (no pierde calor por contacto).

El calor específico del agua es 1 caloría/gramo °C = 4,186 julios/gramo °C que es más alto que el de cualquier otra sustancia común (Tabla 1). Por ello, el agua desempeña un papel muy importante en la regulación de la temperatura.

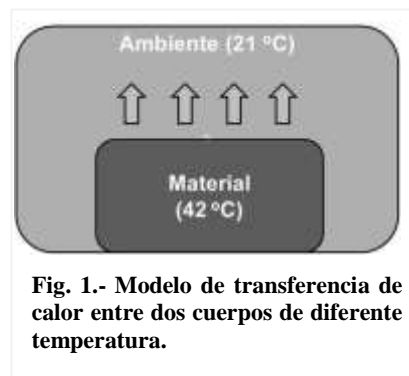


Fig. 1.- Modelo de transferencia de calor entre dos cuerpos de diferente temperatura.

Sustancia	c [J/(g°C)]	c [cal/g°C]
Agua	4.182	1.0
Aire seco	1.009	0.241
Aluminio	0.896	0.214
Bronce	0.385	0.092
Cobre	0.385	0.092
Concreto	0.92	0.22
Hielo (a 0°C)	2.09	0.5
Plomo	0.13	0.031
Vidrio	0.779	0.186
Zinc	0.389	0.093

Tabla 1.- Tabla de calores específicos de diferentes materiales.
Fuente: <http://srv2.fis.puc.cl/mediawiki/images/b/b6/Tabc.png>

El objetivo de este trabajo consistió en estudiar como tenía lugar el enfriamiento de diferentes materiales y con diferente volumen, así como comprobar el elevado calor específico del agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales utilizados (Fig. 3):

- ✓ Bloque de granito (500ml)
- ✓ Bloque de madera (500ml)
- ✓ Bloque de arenisca (500ml y 360ml)
- ✓ Arena (500 ml)
- ✓ Agua dulce (360ml y 500ml)
- ✓ Agua salada 35mg/l (500ml)
- ✓ Termómetros de mercurio
- ✓ Globos (uno lleno de aire y otro de agua)
- ✓ Velas



Fig. 3.- Muestra de los diferentes materiales empleados en el estudio y método utilizado.

En primer lugar se calculó el volumen de los bloques mediante inmersión en agua, midiendo el volumen de agua desalojada y a continuación se colocaron en la estufa a 60°C.

El primer grupo de materiales se mantuvo en la estufa durante 3h, anotando la temperatura de cada bloque al sacarlo de la misma. Posteriormente se midió el enfriamiento de los diferentes bloques registrando la temperatura cada minuto. Todas las medidas se tomaron por triplicado. Con el fin de comprobar la alta capacidad calorífica del agua, los globos de aire y de agua se colocaron próximos a la llama de una vela a la misma distancia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el análisis de resultados, primeramente se anotó la temperatura de los distintos materiales estudiados tras someterlos durante tres horas a 60°C.

La mayor temperatura registrada fue alcanzada por la arenisca a 52°C, mientras que la madera obtuvo la temperatura más baja del experimento llegando a conseguir tan solo los 32°C (Fig. 4).

En segundo lugar se tomó la temperatura de varios materiales con diferentes volúmenes y se compararon entre ellas para estudiar la relación existente entre el volumen y la capacidad calorífica de dichos materiales.

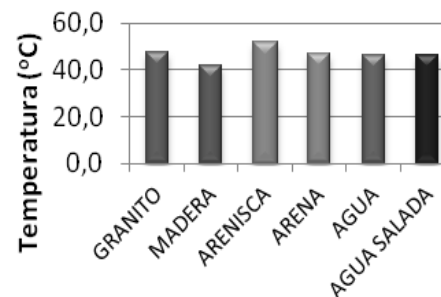
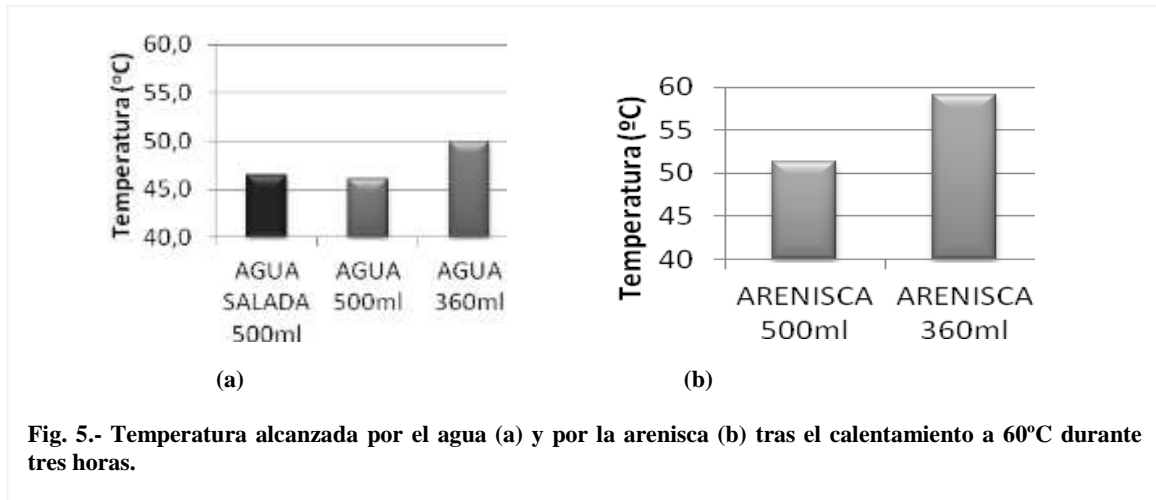


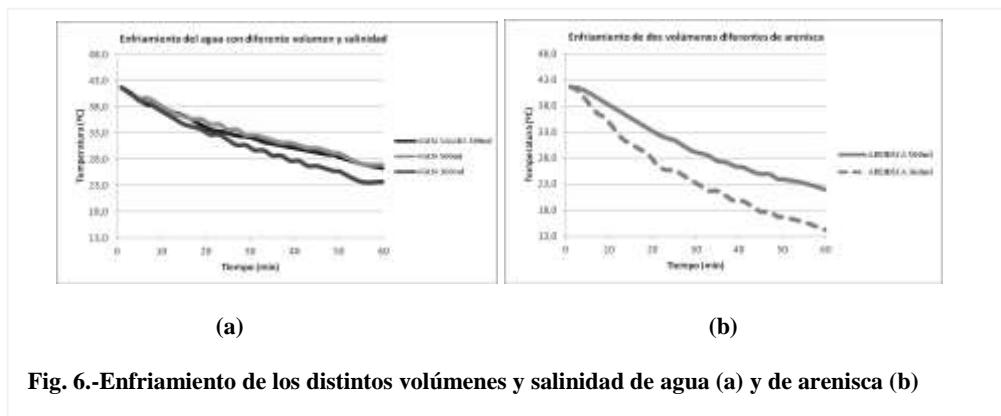
Fig. 4.- Temperatura alcanzada tras el calentamiento a 60°C durante tres horas (volumen de 500ml).



Se observó que aquellos materiales con menor volumen experimentaron un mayor cambio de temperatura alcanzando una energía térmica superior en un tiempo menor.

Esto se ha podido comprobar tanto en el agua (Fig. 5a) como en la arenisca (Fig.5b).

Sin embargo apenas se experimentó cambio entre el agua dulce y salada (Fig.5a).



Al medir el enfriamiento a lo largo de 60 minutos de estos materiales con distinto volumen, se observó que los materiales que se encuentran en menor volumen que alcanzan mayor temperatura, también se enfrían antes (Fig. 6).

El agua dulce y el agua salada se comportaron de nuevo igualmente (Fig. 6a).

Al observar cual era la velocidad de enfriamiento de los materiales se llegó a la conclusión de que el agua era el material con mayor calor específico ya que fue el más lento en enfriarse; mientras que la arenisca fue el material que más rápidamente se enfrió (Fig. 7).

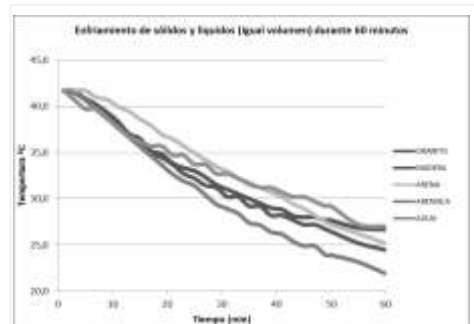


Fig. 7.-Enfriamiento del mismo volumen de sólidos y líquidos durante 60 minutos

Por último y para comprobar la alta capacidad calorífica del agua acercamos globos a una llama; uno lleno de agua y otro vacío. En la Figura 8 se puede observar que el que contiene agua no explota mientras que el que contiene aire sí; ya que el agua absorbe el calor que emana la llama, mientras que en el globo con aire, el calor se absorbe por la goma del globo.

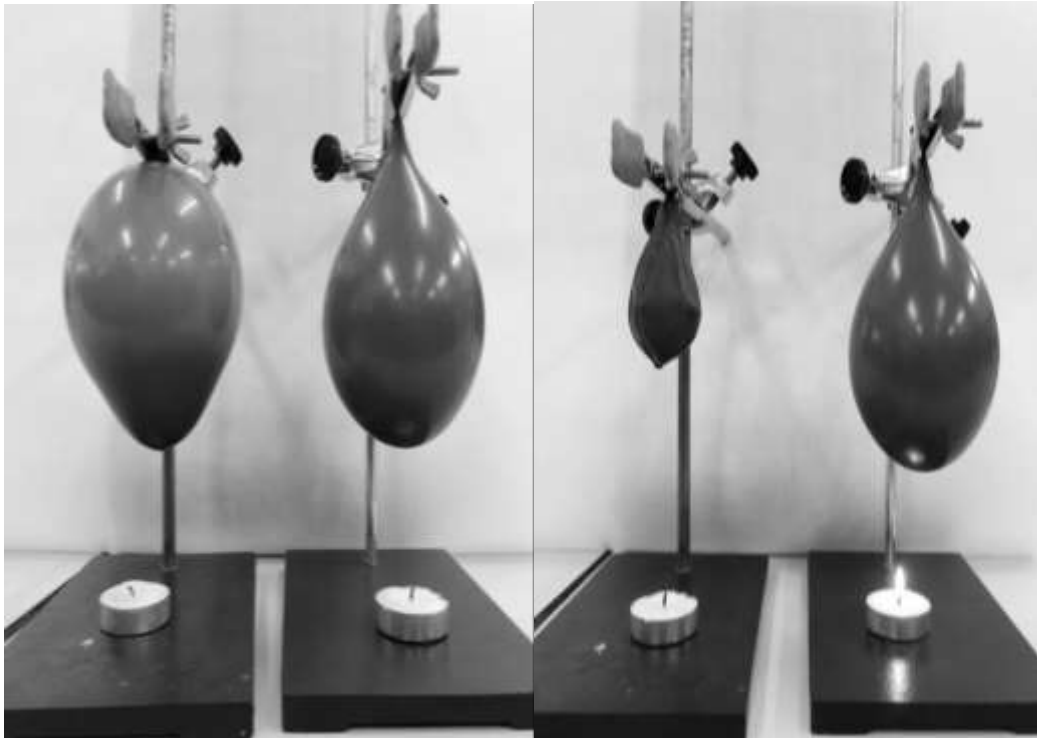


Fig. 8.- Globos antes (izquierda) y después (derecha) de acercar la llama. En los dos casos el globo relleno de agua es el de la derecha.

Las conclusiones que podemos extraer de este experimento son:

- ✓ La cantidad de calor que hay que suministrar o quitar a un cuerpo para que varíe su temperatura depende de su volumen.
- ✓ El agua, en general, posee una elevada capacidad calorífica y una baja conductividad térmica (pierde calor por contacto lentamente).

AGRADECIMIENTOS

A todos los alumnos de Cultura Científica de 4º ESO del I.E.S. Francisco Salinas por su colaboración en la investigación; al AMPA «Los Cipreses» por la ayuda económica y a nuestros coordinadores Piedad Gallego y Carlos Salamanca, por la oportunidad brindada y la información descubierta

REFERENCIAS

- Calor específico (2017). *Wikipedia, La enciclopedia libre*. [Consulta 09/01/2017]
https://es.wikipedia.org/wiki/Calor_espec%C3%ADfico
- Determinación del calor específico (2017). Mediawiki. [Consulta 09/01/2017].
[http://srv2.fis.puc.cl/mediawiki/index.php/Determinaci3n_del_Calor_Espec3fico_\(Fiz0211\)](http://srv2.fis.puc.cl/mediawiki/index.php/Determinaci3n_del_Calor_Espec3fico_(Fiz0211)).
- Globo incombustible (2009). Disponible en: <http://www.cienciapopular.com/experimentos/globo-incombustible>. [Consulta 09/01/2017].
- Mattos, C.R. y Gaspar A. (2002). Concepciones experimentales: La medida del calor específico sin calorímetro. Disponible en: <https://apice.webs.ull.es/pdf/121-063.pdf>. [Consulta 06/02/2017].

OBTENCIÓN, IDENTIFICACIÓN E INOCULACIÓN DE BACTERIAS FIJADORAS DE NITRÓGENO DE NÓDULOS DE *Trifolium repens*

Obtainment, identification and inoculation of nitrogen fixing bacteria from nodules of Trifolium repens

Manuel Corvo Belda¹ IES Vaguada de la Palma, Plaza de la Palma, s/n, 37007 Salamanca

¹: manumk.097@gmail.com

RESUMEN: La simbiosis mutualista entre microorganismos del género *Rhizobium* y leguminosas ha sido muy estudiada por sus implicaciones agrícolas y su interés ecológico. Estos microorganismos intervienen favoreciendo el crecimiento de la planta mediante la fijación biológica del nitrógeno atmosférico, nutriente esencial para el desarrollo de las mismas. En este proyecto, se aíslan microorganismos procedentes de seis nódulos de *Trifolium repens* variedad *huia* y se caracterizan fenotípicamente según su capacidad para producir celulasas y celulosa (sustancias que intervienen en el proceso de nodulación) y genotípicamente mediante su perfil RAPD y la secuenciación de su gen ribosómico 16S. Los ensayos en invernadero con inóculos de las cepas más características revelaron que los microorganismos incrementaban notablemente el crecimiento de los tréboles inoculados.

Palabras clave: Fijación biológica de nitrógeno, nodulación, actividad celulolítica, celulasa.

ABSTRACT: The mutual symbiosis between microorganisms of the genus *Rhizobium* and legumes has been studied due to its agricultural implications and its ecological interest. These microorganisms intervene favouring the growth of the plant through the biological fixation of the atmospheric nitrogen, essential nutrient for its development. In this project, microorganisms are isolated from six nodules of *Trifolium repens* belonging to the *huia* variety. These microorganisms are characterized phenotypically according to their ability to produce cellulases and cellulose (substances involved in the nodulation process) and genotypically through their RAPD profile and the sequencing of their gene 16S. The greenhouse tests with inocula of the most characteristic strains, proved that the microorganisms increased significantly the growth of the inoculated clovers.

Key words: Biological fixation of nitrogen, nodulation, cellulolytic activity, cellulase.

MERIDIES, 17-21 (2018): 45-52.

ISSN (versión impresa): 1137-8794

INTRODUCCIÓN

El crecimiento demográfico durante el siglo XX, causado por la mejora de las condiciones higiénicas, alimentarias, sociales y económicas (del Campo, 1996) ha provocado que, en los últimos ochenta y cinco años, la población mundial haya pasado de 2.000 millones de personas a más de 7.000 millones, y además continuará incrementándose, hasta triplicarse en 2100 (Lee, 2011). Este crecimiento ha traído además, como consecuencia, una necesidad alimentaria cada vez mayor, que la agricultura tradicional no puede cubrir, ya que la producción agrícola está muy determinada por factores como las precipitaciones, la temperatura, la variedad de planta, etc. Debido a esto, y a otras causas como las guerras o las condiciones ambientales, el hambre mundial ha aumentado progresivamente durante los últimos años, hasta llegar a unos 925 millones de personas desnutridas, según el PMA (Programa Mundial de Alimentos) de 2014 desarrollado por UNICEF.

Para solucionar este problema, se implementaron, durante los años 40 y los años 70, especialmente en Occidente, una serie de técnicas agrícolas que consiguieron aumentar

enormemente la producción, fenómeno que fue denominado Revolución Verde. Uno de los principales pilares de la Revolución Verde era la utilización de fertilizantes químicos que compensasen las carencias de nutricionales de las plantas. De este modo, se consigue favorecer el crecimiento y aumentar la producción agrícola, además de un control y una estabilidad en la producción. Estos fertilizantes químicos son sustancias inorgánicas u orgánicas, que aportan nutrientes esenciales para las plantas, como el N, P, K, Ca, entre otros.

Los fertilizantes más comunes y que mayor preponderancia han tenido durante el siglo XX han sido los fertilizantes inorgánicos, como el amoniaco o el nitrato de chile, entre otros. Sin embargo, la utilización de estos fertilizantes tiene graves consecuencias medioambientales, ya que muchos contienen sustancias o elementos altamente contaminantes o de difícil incorporación al medio ambiente (Gomiero *et al.*, 2011).

Los fertilizantes orgánicos o abonos orgánicos son fertilizantes que provienen de animales, restos vegetales, alimentos u otra fuente orgánica y natural. Su obtención suele ser más costosa que la de los inorgánicos, y sus dosis de utilización en los campos de cultivo están menos controladas, pero son más respetuosos con el medio ambiente, pueden ser obtenidos directamente por el agricultor, necesitan menos energía para su obtención y mejoran la absorción de agua. Algunos de los más utilizados son el compost, los excrementos de animales, el humus de lombriz y el abonado verde.

La agricultura sostenible es aquella que, en el largo plazo, contribuye a mejorar la calidad ambiental, satisface las necesidades básicas de alimentos, es económicamente viable y mejora la calidad de vida del productor y la sociedad toda (Ikerd, 1990).

Dentro de las actividades y tecnologías que tratan de lograr este objetivo de magnitudes mundiales, existen algunas que llevan utilizándose desde los inicios de la agricultura, mientras que otras se han desarrollado posteriormente, como es el caso de la implicación de los microorganismos y su uso biotecnológico para mejorar la producción agrícola. Entre estos se encuentra la fijación biológica del nitrógeno atmosférico.

La fijación del nitrógeno

A pesar de la abundancia de N_2 en la atmósfera (el 78% del aire seco), éste no es directamente aprovechable por las plantas. La fijación del nitrógeno atmosférico puede ocurrir de manera abiótica (óxidos de combustión, descargas eléctricas, etc., que son arrastrados al suelo por la lluvia; o amonio por el proceso industrial Haber Bosch) o biológica, llevada a cabo por organismos procariontas, y en la que el nitrógeno es reducido a amonio e incorporado a la biosfera.

La fijación biológica de nitrógeno (FBN) consiste en un proceso microbiano que puede darse de forma libre o en simbiosis con las plantas, es decir, en asociación mutualista.

De forma libre, es realizada directamente por los microorganismos situados en el suelo, como parte de sus propios procesos biológicos. Este tipo de fijación es menos frecuente (fig. 1) debido a que su baja eficacia. Un ejemplo es *Azotobacter*.

En simbiosis con plantas, los microorganismos establecen una relación específica de cooperación con los vegetales. Es un proceso que se produce con mayor frecuencia que la fijación abiótica. El ejemplo más característico es el que tiene lugar entre las leguminosas y *Rhizobium*, un proceso de gran importancia a nivel agronómico.

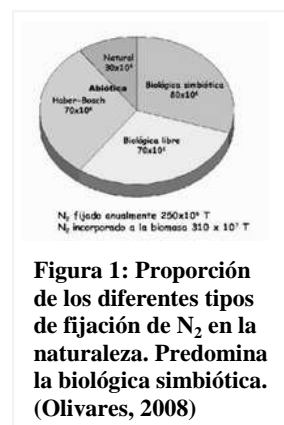


Figura 1: Proporción de los diferentes tipos de fijación de N_2 en la naturaleza. Predomina la biológica simbiótica. (Olivares, 2008)

En el análisis de los grandes problemas medioambientales el autor de este trabajo se sintió particularmente impresionado por la problemática del futuro de la alimentación mundial. Un campo tan vasto había de acotarse y la idea de una “nueva revolución verde” le fue dirigiendo hacia la simbiosis antes presentada, que consideraba un campo apasionante y que ha resultado ser “superapasionante”.

Este proyecto quiere aportar un modestísimo grano de arroz en los esfuerzos para conseguir una agricultura sostenible que colabore en el difícil reto de asegurar el alimento de la creciente población del planeta.

Se plantea estudiar la fijación biológica de nitrógeno que tiene lugar entre *Rhizobium* y una leguminosa como es *Trifolium repens*, uno de los tréboles más comunes y conocidos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los microorganismos usados en este estudio fueron aislados de nódulos de *Trifolium repens* variedad *huia*, cultivados en invernadero en un sustrato de turba con vermiculita en proporción 3:1. Los nódulos obtenidos fueron nombrados N1, N2, N3, etc.

Para esterilizar superficialmente los nódulos se introdujeron en una disolución de HgCl₂ de concentración 2,5% (W/V) durante 2 minutos. Después, se lavaron cuatro veces sucesivas en agua destilada.

Para extraer los microorganismos, se machacaron los nódulos con varas estériles en condiciones asépticas. La nomenclatura utilizada fue NTRH (Nódulo *Trifolium repens huia*) y un número (1,2,3,4,5,6). Cada cultivo se incubó a 28°C durante 3-4 días. Para mantener las cepas, se utilizó un medio estándar YMA (Vicent, 1970) (tabla 1).

Las cepas se cultivaron rutinariamente en placas YMA, manteniéndolas a una temperatura de 4°C. Para la conservación de las mismas, se introdujeron varias asadas de cultivos frescos en criotubos de 1mL con una disolución crioprotectora de Glicerol al 30%. Para homogeneizarlos, se aplicó un vórtex a cada criotubo. Los criotubos se conservaron a -80°C. Esta conservación se realizó por triplicado para cada a cepa.

Tabla 1. . Composición del medio.

Medio YMA	1L
K ₂ HPO ₄ (Fluka ®)	0,5 g
MgSO ₄ *(7H ₂ O)(Fluka ®)	0,2 g
Manitol (Fluka ®)	7,0 g
Extracto de levadura (Difco ®)	2,0 g
Agar (Conda®)	20,0 g

Para obtener cultivos puros de las cepas, se utilizaron colonias aisladas de las mismas, que fueron sembradas por agotamiento en estría o en cantidad, si era necesaria mayor cantidad.

El crecimiento y la pigmentación de los aislados se observaron directamente sobre las placas YMA Para obtener un mejor detalle de los mismos y de sus características morfológicas, se utilizó la lupa estereoscópica (Nikon SM2800) sobre las mismas placas.

Para los ensayos de comprobación de la producción de celulasas de los aislados, se preparó un preinóculo a una D.O600 de cada cepa a partir cultivos frescos y posteriormente se inoculó en placas YMA con Rojo Congo (Panreac).

Para la preparación del medio de YMA+Rojo Congo, se realizan medio YMA y se añade Rojo Congo para alcanzar la concentración de 25mg/L. El rojo Congo se añade mientras el YMA aún es líquido, tras esperar a que el medio se enfríe ligeramente.

Los preinóculos de cada cepa (NTRH-1,2,3,4,5,6) se preparan vertiendo 5ml de agua destilada estéril sobre un cultivo fresco y recogiendo con cuidado utilizando un asa los microorganismos. Se introducen en un tubo de cristal estéril y se homogeneizan para suspenderlas. Como control

preparamos un preinóculo con un microorganismo productor de celulasa conocido del género *Rhizobium*.

Para comprobar los resultados, la inoculación de los preinóculos en las placas YMA+RC se realiza por cuadruplicado para cada cepa, utilizando 10 µL del preinóculo de cada cepa por inoculación.

Para comprobar la actividad celulolítica de los aislados se prepararon placas Petri con una doble capa. Para la capa inferior se utilizó un medio YMA y la composición de la superior se presenta en la tabla 2. Esta capa se vierte sobre el medio YMA, hasta formar una fina capa.

Tabla 2. . Composición del mix utilizado para la amplificación del ADN. (El producto Taq Green para la PCR, es un mix de reacción que contiene una solución tampón o buffer, sales, dNTPs -nucleótidos fosfatados-, ClMg2, Taq Polimerasa Green.).

Tabla 3. Composición del lysis buffer.

Lysis buffer	100mL
NaOH(0,05M)(Sigma)	0,2 g
SDS(Sigma)	0,25 g
SDW(H2O)	100ml

Los preinóculos de las cepas se prepararon de forma idéntica a los realizados en los ensayos de producción de celulosa. Los ensayos se realizaron por cuadruplicado para cada cepa, incluyendo el control. Una vez crecieron los inóculos, se eliminaron con agua sin desprender la capa superior y se cubrió la placa con Rojo Congo durante 30 min. Posteriormente, se quitó el Rojo Congo sobrante y se aplicaron lavados sucesivos de 30 min con NaCl 1M.

Para la extracción de ADN de los aislados, añadimos 50 µL de lysis buffer (tabla 3) en un eppendorf en el que suspendemos cada una de las cepas procedentes de cultivos frescos (agotamiento en estría o por cultivo en cantidad) con asas de plástico desechables.

El NaOH del lysis buffer provoca una lisis alcalina, ayudando a romper la pared celular e interfiere en los puentes de hidrógeno entre las pares de bases del ADN, convirtiendo el ADN bicatenario en ADN monocatenario. Para favorecer la lisis celular, se calentaron los eppendorf a 95°C durante 15min, tras darle un vórtex durante 60s. Se centrifugó durante 10min a (4680rpm) hasta la separación y precipitación del pellet (compuesto por los restos celulares) del ADN. Se tomaron 10 µL del sobrenadante, en el que se encuentra disuelto el ADN, y lo mezclamos con 90 µL de agua estéril en un eppendorf. El ADN se almacenará a -20°C para su conservación.

La amplificación de ADN de los aislados se realizará mediante la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) descrita por Kary Mullis (1990). Se basa en la capacidad natural de las ADN polimerasa para replicar el ADN. Para optimizar la reacción, esta se lleva a cabo en un termociclador. Se trata de un aparato que regula los ciclos de temperaturas necesarios para que la reacción se lleve a cabo. Para delimitar la zona del material genético que se quiere replicar, se utilizar dos cebadores o primers, que son oligonucleótidos que determinan el punto de inicio de reacción, y delimitan el gen que la ADN polimerasa replicará. Para que se lleve a cabo la reacción, son necesarios otros reactivos, como iones divalentes, nucleótidos y disoluciones tampón o buffer, además del ADN molde y la ADN polimerasa.

La disolución de tampón utilizada en la preparación de los geles fue TAE 1X (Tris-acetato 40 mM, EDTA 1Mm, pH 8,0 Milipore). Para la electroforesis, se utilizaron 40ml al 1,5% (0,6g) para la obtención de los perfiles RAPD. La electroforesis se mantuvo durante 40 minutos a 70V en la obtención de los perfiles RAPD. En cada pocillo se introdujeron 25 µL de MIX+ADN para cada cepa. Como marcador, y 3 µL de Genruler (100bp) para el segundo.

El proceso de preparación del mix se realizó en frío para evitar la desnaturalización del ADN. Cada tubo de PCR utilizado para la amplificación del ADN contenía 23 µL de este, al que se le añadieron 2 µL de ADN procedente de cada una de las cepas aisladas.

El gel obtenido se tiñó con bromuro de etidio durante 30 minutos, se lavó con agua destilada durante 30'. Para la visualización del perfil RAPD, se sometió a la muestra a luz UV. El bromuro de etidio se intercala en la molécula de ADN, lo que permite su observación en dichas condiciones de luz (4 a 400 nm).

Para determinar la capacidad de las cepas NTRH-2 y NTRH-6 para inducir el proceso de nodulación y realizar la FBN en *Trifolium repens* variedad *huia*, se llevaron a cabo tres tratamientos en 35 alveolos cada uno. Se introdujo una única semilla por alveolo.

- 1° Tratamiento con NTRH-2.
- 2° Tratamiento con NTRH-6.
- 3° Control sin inocular.

Las semillas utilizadas se dejaron germinar y fueron esterilizadas superficialmente antes de ser utilizadas para los tratamientos. Para el proceso de esterilización, se introdujeron en un Falcon al que se añadió etanol al 70% durante 30 segundos. Se decantó el etanol y se añadió HgCl₂ al 2,5% durante 2 minutos.

Los preinóculos se prepararon introduciendo cultivos frescos en 50 ml de agua destilada a una densidad óptica mcfarland 10-6. El sustrato utilizado fue vermiculita. Las plantas se mantuvieron en unas condiciones de 16 horas de luz y 8 horas de oscuridad, temperatura entre 20°C-28°C, humedad del 45%.

Los tratamientos se aplicaron en la fase de plántula de *Trifolium repens* variedad *huia*. Se inoculó 1ml en cada alveolo. Se dejaron crecer durante 2 meses, tras los que se recolectaron para llevar a cabo la toma de datos.

Se midió la longitud de la parte aérea y radicular de las plantas, y un conteo de nódulos. También se midió el peso seco de la planta (72 horas a 40°C) con una balanza SoUG III 300 (300-0,01g).

Los nódulos de las raíces de *Trifolium repens* variedad *huia* fueron seleccionados siguiendo un criterio morfológico, primando aquellos que presentaban un mayor tamaño y una coloración rosada. Se recogieron 6 nódulos, que fueron esterilizados en superficie para eliminar cualquier microorganismo externo. Los nódulos se machacaron con un asa estéril en condiciones asépticas, se crecieron para posteriormente ser purificadas mediante la técnica de agotamiento en estría. Estos cultivos por agotamiento en estría permitieron obtener colonias aisladas de cada una de las cepas (NTRH-1, NTRH-2,...NTRH-6) del interior de los nódulos (figuras 2 y 3).

Para llevar a cabo una caracterización genotípica de los aislados, y comprobar en primera instancia si se trataban de clones de la misma especie, o, por el contrario, eran diferentes, se realizó un perfil RAPD (Rivas, 2001) de las cepas. Para ello, se extrajo el ADN de cada cepa y se amplificó mediante la PCR (Mullis, 1990). Se realizó una electroforesis y se tiñeron las bandas del gel con bromuro de etidio para su visualización. La figura 4 muestra el perfil RAPD de cada cepa. Parece distinguirse que las cepas 2,3 y 5 tienen patrones similares. El resto de perfiles no están claros, y debería repetirse la prueba a fin de obtener mejores resultados. El perfil 1 no aparece, lo que puede deberse a múltiples factores, como una mala extracción del ADN o haber cargado mal el gel. El perfil 4 está muy difuso, lo que puede ser causado por una falta de material genético, o una mala amplificación. El perfil 6 tampoco puede distinguirse con claridad, ya que solo aparece una banda.



Fig. 2.- Cultivo de un aislado (NTRH-6) por agotamiento en estría.



Fig. 3.- Detalle de una colonia aislada (NTRH-1) observada en la lupa.

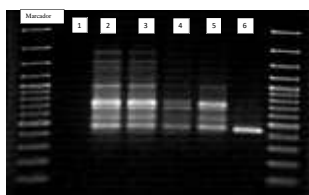


Fig. 4.- Perfil RAPD de los aislados.

Los ensayos para la caracterización fenotípica de las cepas con el fin de seleccionar las más características para su posterior utilización en ensayos en invernadero fueron realizados a partir de cultivos puros crecidos en medio YMA.

La capacidad de producir celulosa de las cepas fue evaluada aprovechando la afinidad de la molécula con el Rojo Congo (el Rojo Congo es afín a las fibras de celulosa, y reacciona dando lugar a un compuesto coloreado de color rojo). Se inocularon suspensiones bacterianas de las cepas en medio YMA en conjunto con Rojo Congo. En la figura 5 se muestran los resultados del ensayo. NTRH-1,2,3,4 y 5 parecen producir celulosa, dado su color rosáceo-rojizo, mientras que NTRH-6 presenta un color blanquecino, por lo que su capacidad para producir celulosa es inferior.

La biosíntesis de celulosas por parte de los rizobios en un indicativo de su mayor capacidad y competencia para nodular, ya que intervienen degradando la pared celular del pelo radical, permitiendo la entrada del microsimbionte en la planta huésped. La capacidad de producir celulasas de las cepas fue evaluada inoculando suspensiones bacterianas en medio YMA con una capa superficial. El componente CMC (Carboximetilcelulosa) de esta capa es susceptible de ser degradado por las celulasas. Se comprobó la actuación de las enzimas con Rojo Congo. En la figura 6, los resultados obtenidos en los ensayos de cada cepa se muestran junto a un control conocido productor de celulasas. Los halos blanquecinos muestran la producción de las enzimas por parte de las cepas.

Para realizar la selección de las cepas con las que se llevaron a cabo los ensayos en invernadero, se tuvieron en cuenta las caracterizaciones fenotípicas y genotípicas de cada una de las cepas, descartando aquellas cepas cuyas propiedades parezcan indicar que son clones. Teniendo en cuenta los criterios de selección y los ensayos realizados, fueron escogidas las cepas n°2 y n°6: la primera como representante de las cepas n° 2, 3 y 5, cuyo perfil RAPD indica que pueden tratarse de clones, y la segunda por tratarse de una cepa claramente diferenciada fenotípicamente (por su capacidad inferior de producir celulosa).



Fig. 5.- Preinóculos de las cepas NTRH-1,2,3,4,5,6 en placa YMA+Rojo Congo.

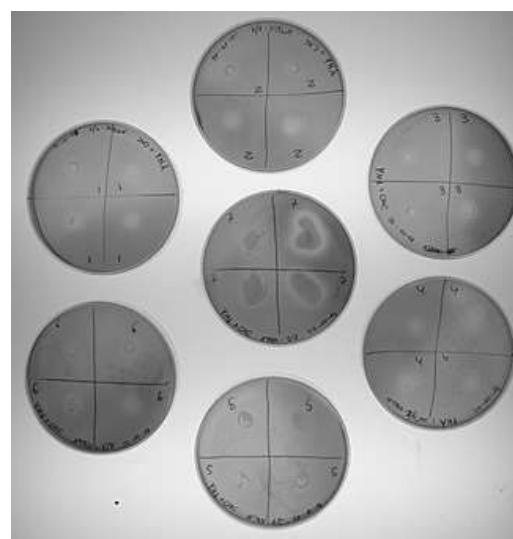


Fig. 6.- Ensayos de evaluación de la producción de celulosa de las cepas NTRH-1,2,3,4,5,6. El control bacteriano utilizado (7) es *Rhizobium cellulosilyticum*.



Fig. 7.- Detalle observado en lupa de nódulos de NTRH-2(A) y NTRH-6(B). Corte de nódulo de trébol inoculado con NTRH-2(C) y NTRH-6(D). El tono rojizo es indicativo de que se ha producido una simbiosis efectiva.

Los ensayos en invernadero consistieron en 3 tratamientos aplicados a 35 alveolos por cepa añadiendo un control, en cada uno de los cuales se introdujo una plántula de *Trifolium repens* variedad *huia*, utilizando un sustrato estéril. Para la preparación de los tratamientos, se realizó un preinóculo de cada una de las cepas seleccionadas (NTRH-2 y NTRH-6), y se inoculó en cada alveolo. El control se dejó sin inocular. Se dejaron crecer durante dos meses y se extrajeron para realizar las mediciones de la longitud, la parte aérea y radicular, el conteo de nódulos y la medida del peso seco del control y las dos cepas. La figura 7 muestra en detalle ejemplos de las raíces y los nódulos de los tréboles inoculados extraídos. En la figura 8 se realiza una comparación de la longitud de las plantas. Se puede observar que existe un aumento del crecimiento significativo en aquellas que fueron inoculadas.

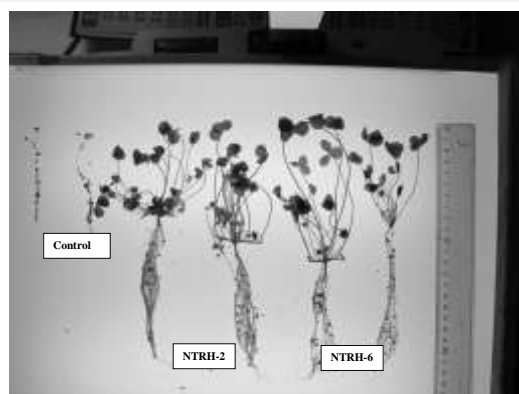


Fig. 8.- Tréboles recolectados inoculados con las cepas NTRH-2 y NTRH-6 junto con unos que recibieron el tratamiento control.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de los resultados de la medida de la longitud, la parte radicular, la parte aérea, el peso seco y el conteo de nódulos se muestra en las figuras 9, 10, 11, 12 y 13. La longitud, la parte radicular y aérea y el peso seco de los tréboles inoculados es mayor en promedio que los que no fueron inoculados. *Trifolium repens* variedad *huia* es una planta forrajera, es decir, su peso seco es un indicativo de su valor a nivel nutricional. NTRH-2 y NTRH-6 son capaces de nodular, tal y como muestra la figura 7, lo que parece indicar que el incremento del crecimiento de los tréboles inoculados es, en efecto, debido a los nódulos. La figura 7-C,D parece indicar que se ha producido una simbiosis efectiva, y se ha dado la FBN.

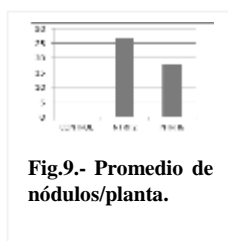


Fig.9.- Promedio de nódulos/planta.

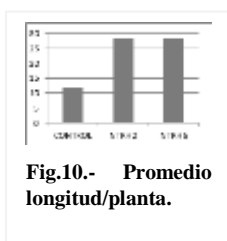


Fig.10.- Promedio longitud/planta.

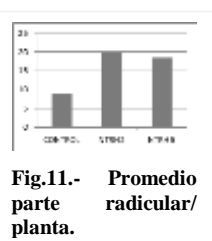


Fig.11.- Promedio parte radicular/planta.

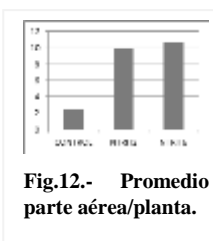


Fig.12.- Promedio parte aérea/planta.

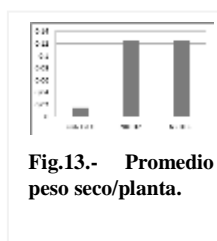


Fig.13.- Promedio peso seco/planta.

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los objetivos y resultados de este proyecto, podemos extraer las siguientes conclusiones:

1. Los 6 aislados obtenidos a partir de los nódulos presentan características fenotípicas muy similares, excepto NTRH-6, cuya capacidad para producir celulosa es inferior.
2. Los tratamientos de las cepas utilizadas en ensayos en invernadero provocaron un aumento del crecimiento en los tréboles con respecto del tratamiento control, por lo que, tras un estudio más exhaustivo y extenso de estas cepas, podrían ser utilizadas como biofertilizantes.
3. NTRH-6 y NTHR-2 presentan capacidad para nodular en *Trifolium repens* variedad *huia* y parecen realizar la FBN, es decir, son capaces de llevar a cabo una simbiosis eficaz. Además, NTRH-2 parece tener mayor facilidad para este proceso, ya que presenta mayor cantidad de nódulos por planta.

REFERENCIAS

- Cooper, J. E. (2007). Early interactions between legumes and rhizobia: disclosing complexity in a molecular dialogue. *Journal of applied microbiology*, 103 (5), 1355-1365.
- Del Campo Urbano, S. (1996). Requisitos para un desarrollo humano sostenible. In *Educación y desarrollo: aprender para el futuro* (pp. 121-124). Fundación Santillana.
- Denarie, J., Debelle, F., & Promé, J. C. (1996). *Rhizobium* lipo-chitoooligosaccharide nodulation factors: signaling molecules mediating recognition and morphogenesis. *Annual review of biochemistry*, 65(1), 503-535.
- Gomiero, T., Pimentel, D. y Paoletti, M. G. (2011). Environmental impact of different agricultural management practices: conventional vs. organic agriculture. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 30 (1-2), 95-124.
- Ikerd, J. E. (1990). Agriculture's search for sustainability and profitability. *Journal of soil and water conservation*, 45 (1), 18-23.
- Jiménez-Zurdo, J., Mateos, P. F., Dazzo, F. B. y Martínez-Molina, E. (1996). Influence of the symbiotic plasmid (pSym) on cellulase production by *Rhizobium leguminosarum* bv. trifolii ANU843. *Soil Biology and Biochemistry*, 28 (1), 131-133.
- Lee, R. D., y Mason, A. (Eds.). (2011). *Population aging and the generational economy: A global perspective*. Edward Elgar Publishing.
- Martínez-Molina, E., Morales, V. M., y Hubbell, D. H. (1979). Hydrolytic enzyme production by *Rhizobium*. *Applied and environmental microbiology*, 38 (6), 1186-1188.
- Mateos, P. F., Jimenez-Zurdo, J. I., Chen, J., Squartini, A. S., Haack, S. K., Martinez-Molina, E., ... y Dazzo, F. B. (1992). Cell-associated pectinolytic and cellulolytic enzymes in *Rhizobium leguminosarum* biovar trifolii. *Applied and Environmental Microbiology*, 58 (6), 1816-1822.
- Mateos, P. F., Baker, D. L., Petersen, M., Velázquez, E., Jiménez-Zurdo, J. I., Martínez-Molina, E., ... & Dazzo, F. B. (2001). Erosion of root epidermal cell walls by *Rhizobium* polysaccharide-degrading enzymes as related to primary host infection in the *Rhizobium* legume symbiosis. *Canadian journal of microbiology*, 47(6), 475-487.
- Morales, V. M., Martinez-Molina, E. y Hubbell, D. H. (1984). Cellulase production by *Rhizobium*. *Plant and Soil*, 80 (3), 407-415.
- Mullis, K.B. 1990. The unusual origin of the polymerase chain reaction. *Scientific American*, 262:56-65.
- Olivares, J. (2008). Fijación biológica de nitrógeno. Estación Experimental del Zaidín, CSIC, Granada, disponible en <http://www.eez.csic.es/~olivares/ciencia/fijacion/> [Accesado el día 9 de febrero de 2015].
- Rivas, R., Velázquez, E., Valverde, A., Mateos, P. F., & Martínez-Molina, E. (2001). A two primers random amplified polymorphic DNA procedure to obtain polymerase chain reaction fingerprints of bacterial species. *Electrophoresis*, 22(6), 1086-1089.
- Robledo, M. et al, (2008) "El viaje de *Rhizobium* hacia una simbiosis eficiente" SEFIN, *Fundamentos y aplicaciones agroambientales de las interacciones beneficiosas plantas-microorganismos*. Granada, GRX Servicios Gráficos.

ESTUDIO ANTROPOLÓGICO FORENSE DE RESTOS ÓSEOS

Forensic anthropological study of skeletal remains

Verónica Cuesta Padilla, Irene Escribano Mateos, Lucía Iturriaga Sanz, Cintia Martín Polvorosa, Paula Armentia Fraile, Andrea Enriquez Martín, Emilio Moreno Garzón, María Rivas Iglesias, Helen García Acebo* y M^a. Luz Martín Santos*¹

IES Lucía de Medrano. Avda. Filiberto Villalobos 97 37007 Salamanca.

¹mariluz2910@gmail.com.

* Profesores coordinadores.

RESUMEN: El presente trabajo surge para aunar los valores científicos que conllevan un estudio detallado de un tema antropológico y el inventariado del material hallado en el laboratorio del centro. Precisamente, el estudio versará sobre el análisis de un esqueleto que forma parte del Laboratorio y que ha servido como punto de partida para integrar esas dos perspectivas. En este sentido, este trabajo es una guía básica, aunque apoyada en una amplia bibliografía, que permite un primer acercamiento a este tipo de estudios, contribuyéndose así a la formación interdisciplinaria de los alumnos. Intentamos determinar parámetros, tales como; edad, población y sexo. Nuestros recursos nos limitan a la hora de realizar un estudio completo de los restos pero nos permite un comienzo y una acotación de datos.

Palabras clave Esqueleto, Patrimonio, estudio antropológico e inventario.

ABSTRACT: The present work arises to combine the scientific values that entail a detailed study of an anthropological subject and the inventory of the material found in the laboratory of the High School. Precisely, the study will be about the analysis of a skeleton that is part of the Laboratory and that has served as a starting point to integrate these two perspectives. In this sense, , although supported by a wide bibliography, this work is a basic guide which allows a first approach to this type of studies, therefore contributing to the interdisciplinary training of the students. We try to determine parameters, such as: age, population and sex. Our resources limit us when carrying out a complete study of the remains but it allows us to start and delimit data.

Key-words: Skeleton, Heritage, anthropological study and inventory.

MERIDIES, 17-21 (2018): 53-60.

ISSN (versión impresa): 1137-8794

INTRODUCCIÓN

Siendo realistas, la paleontología y antropología es una disciplina que abarca gran cantidad de parcelas referidas al estudio del ser humano. Sin embargo, dos de los elementos claves para comenzar un estudio antropofísico son: por un lado, la estimación del sexo, y por otro, la data de la muerte de los restos recuperados. Su identificación permite obtener datos que podrían desaparecer con el tiempo, así como avanzar en las labores posteriores de interpretación y reconstrucción paleodemográfica, al tiempo que se espera la entrega de datos más profundos derivados del análisis en laboratorio.

El objetivo de este trabajo es aplicar los métodos de observación física de los restos y obtener las máximas conclusiones posibles. Teniendo siempre claro que en algunas mediciones es totalmente necesario un análisis radiológico posterior que avale los resultados.

MATERIAL Y MÉTODOS

Disponemos de restos óseos que conforman un esqueleto humano al que le falta parte de las extremidades superiores en concreto; los radios, cúbitos, carpos y metacarpos. En el laboratorio tenemos material básico para realizar la observación además de bibliografía general de anatomía. El método de estudio será morfológico y métrico con lo cual utilizaremos bancos de datos forenses Y estudios antropológicos forenses enumerados en la bibliografía final.

Hemos de tener en cuenta que las características sexuales varían con la edad, cuando son adolescentes los esqueletos de hombres y mujeres son más parecidos, a medida que se desarrollan sexualmente, también lo hace su esqueleto. Los huesos con mayor diferencia morfológica son el cráneo y la pelvis. Por otro lado, hemos de valor la población a la que pertenecen, ya que también sus características morfológicas pueden variar, también nos puede aportar datos saber su ocupación. Por todo ello el primer parámetro de estudio fue determinar el sexo. Comenzaremos con la medición de los huesos largos ya que el programa FORDICS, nos permite identificar el sexo en base a unos parámetros ya establecidos.

EL ATLAS. Es la primera vértebra cervical (figura 1): A= Diámetro transversal total. B= Diámetro transversal máximo del canal medular. Masculino: 60 o más; femenino: hasta 60.

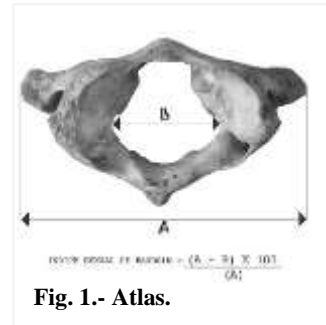


Fig. 1.- Atlas.

LA CLAVICULA: En el masculino suele ser más robusta y larga que en el femenino. Si la longitud es superior a 150 mm, puede decirse que se trata de un masculino, si es menor de 138 mm de 150 mm suele ser femenino.

EL OMÓPLATO: Es más grácil, menor y menos robusto que el del varón. La cavidad glenoidea del varón es 30 mm mayor que en el de la mujer. Se halla el Índice Glenoideo que multiplica la anchura por 100.

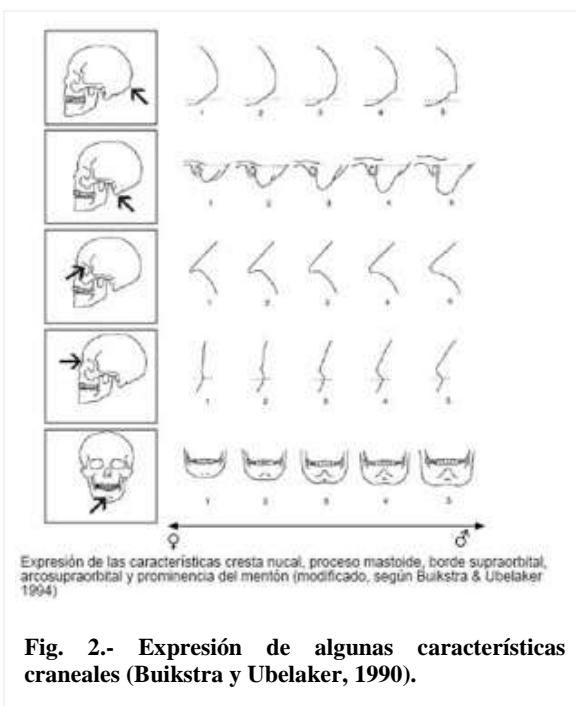
EL ESTERNÓN: Stewart (1979) el cuerpo del esternón es generalmente el doble de la longitud del manubrio en mujeres y dos veces y media más largo en varones.

Los Promedios son: Varones = 106-110 y 52-54. Mujeres = 89 - 92 y 47-50.

HUESOS LARGOS:

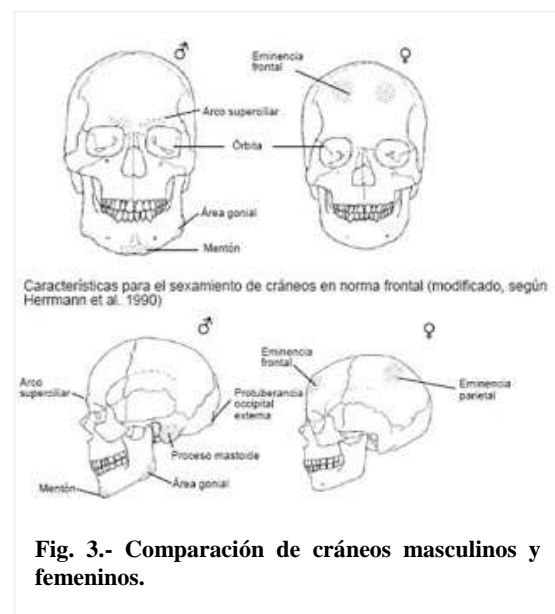
- | | |
|--|-----------------------------|
| •Húmero = Masculinos Min. 330mm | Femeninos Max. 280mm |
| •Cúbito = Masculinos Min. 265mm | Femeninos Max. 230mm |
| •Radio = Masculinos Min. 250mm | Femeninos Max. 215mm |
| •Fémur = Masculinos Min. 450mm | Femeninos Max. 390mm |
| •Tibia = Masculinos Min. 380mm | Femeninos Max. 320mm |
| •Peroné = Masculinos entre 318 y 413mm | Femeninos entre 283 y 376mm |

CRANEO: Se tienen en cuenta estudios morfológicos como el de Buikstra y Ubelaker (1990) (figura 2). En los varones son más prominentes la eminencia frontal y parietal, las crestas supraorbitarias, las orbitas, el arco zigomático, el mentón, la frente, los procesos mastoideos y protuberancia occipital (figura 3).



Expresión de las características cresta nuchal, proceso mastoideo, borde supraorbitario, arco supraorbitario y prominencia del mentón (modificado, según Buikstra & Ubelaker 1994)

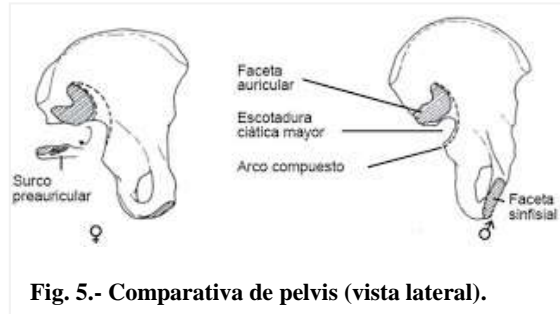
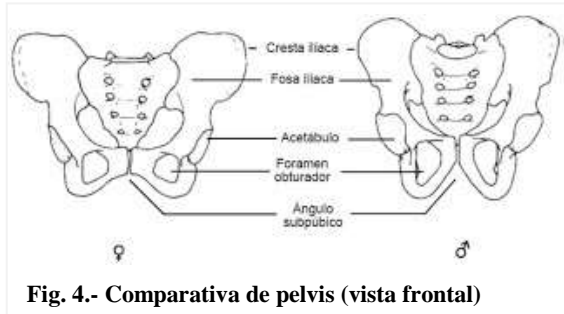
Fig. 2.- Expresión de algunas características craneales (Buikstra y Ubelaker, 1990).



Características para el sexamiento de cráneos en norma frontal (modificado, según Herrmann et al. 1990)

Fig. 3.- Comparación de cráneos masculinos y femeninos.

PELVIS Y SÍNFISIS PÚBLICA: Se utiliza como referencia el ya citado estudio de Buikstra y Ubelake (1990). El arco subpúbico y el foramen obturador son muy diferentes en ambos sexos cuando son adultos (Fig. 4). También es muy clara la faceta auricular (figura 5).



Para determinar la edad de los restos, el método más fiable es estudiar el cambio de osificación y tamaño en los huesos, como puede ser el crecimiento del esqueleto y de los dientes (en individuos jóvenes) y el deterioro de los huesos desde la maduración (18-25). Si se tratase de un individuo menor de 10 años la unión de centros de osificación en cráneo, mandíbula, atlas y axis todavía sería observable, también en la formación dental y si presenta dientes permanentes, para individuos de 10 a 25 veríamos la osificación de los huesos. Si los restos corresponden a un adulto los estudios que más datos nos aportan son el estudio del coxal y de la sínfisis púbica en la cintura pélvica y las obliteraciones del cráneo. Ya que en los hueso largos deberíamos utilizar radiografías de las que no disponemos. El estudio de la sínfisis púbica lo compararemos con los estudios de Todd y de Suchey y Brooks. En jóvenes esta superficie es ondulada y va transformándose con la aparición de granos, orificios y la formación de un anillo marginal. Con el tiempo la superficie y el margen van destruyéndose. Aparecen crestas y surcos hasta los 27 años. De 27 a 31 restos mas nodulares y menos profundos los surcos. La extremidad inferior definida se observa hasta los 30 años, aunque ocasionalmente pueden aparecer estos restos en individuos de mayor edad. Las líneas de fusión se ven hasta los 45 años A partir de los 45 años presenta una labiación “lipping” en el borde. Otro dato que indica que tiene más de 50 años es el acetábulo, la cavidad de la pelvis donde encaja el fémur, esta presenta

Labiación al igual que la porosidad que aparece en la zona común entre el ilion y el isquion (figura 6).

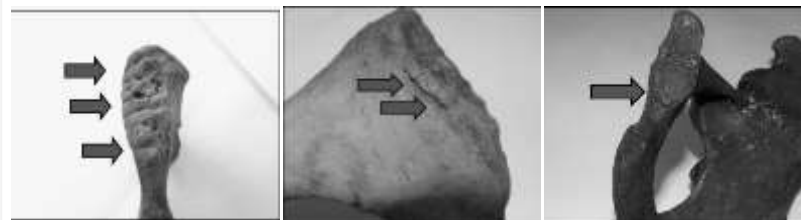


Fig. 6.- Análisis fotográfico de la sínfisis púbica.

Por último desmontamos la pelvis y estudiamos su

superficie auricular utilizamos el Estudio de Lovejoy y el de Buckberry, J. L y A. T. Chamberlain. 2002. Un sistema cuantitativo de puntuación que examina cada rasgo de la superficie auricular de modo independiente. El método utiliza las etapas de cambios relacionados con la edad de Lovejoy. Los rasgos usados fueron: organización, textura de la superficie, microporosidad, macroporosidad y cambios en la morfología del área retroauricular (figura 7), que la separa en varias fases:

Fase I: 20-24 años. Textura granular fina y organización trasversa. No hay porosidad. Y tiene ondulado ancho.

Fase II: 25-29 años. El ondulado empieza a perderse y es remplazado por estrías. **Fase III: 30-34 años.** El ondulado se reduce y es remplazado por estrías definitivas.

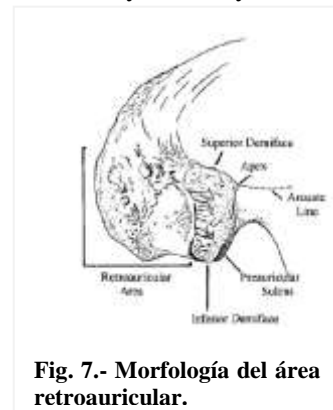


Fig. 7.- Morfología del área retroauricular.

Fase IV: 35-39 años. Ambas semicaras se tornan ásperas y uniformemente granuladas; se reducen significativamente el ondulado y las estrías.

Fase V: 40-44 años. No se aprecia ondulado y las estrías pueden estar presentes aunque muy vagamente definidas. La superficie es aún parcialmente granular, se incrementa la microporosidad. El rasgo distintivo de esta fase es la transición de una superficie granular a una densa.

Fase VI: 45-49 años. Se aprecia tejido denso. No ondulamiento ni estrías. Se incrementa la irregularidad de los bordes.

Fase VII: 50- 59 años. Como rasgo distintivo resalta la irregularidad de la superficie. La macroporosidad puede estar presente.

Fase VIII: 60 + años. Superficie no granular, irregular, con signos evidentes de destrucción. Se pierden definitivamente todos los rasgos de las fases jóvenes: el ondulado, la organización trasversal, las estrías y la granulosidad. La macroporosidad está presente casi en la tercera parte de los casos (figura 8).



Fig. 8.- Macroporosidad.

FUSIÓN DE LOS HUESOS LARGOS. Los huesos de los mamíferos presentan una zona de crecimiento, de tejido cartilaginoso, situada justo en la zona de unión de las epífisis al resto del hueso. Cuando este tejido cartilaginoso se osifica, la epífisis se suelda a la diáfisis y termina el crecimiento. Cuando un hueso cuyas epífisis no están soldadas al resto del hueso queda expuesto, el tejido cartilaginoso se descompone rápidamente y se separan las epífisis, quedando una cicatriz característica que permite reconocer que el hueso no estaba completamente soldado. La edad de soldadura de la epífisis esternal de la clavícula oscila entre los 26 a 27 años en la mujer y los 25 a 30 en el varón. Todd y D'Errico (1928) dataron la evolución de esta fusión en tres estadios. El punto de fusión secundario se forma a los 18 años y hasta los 28 años permanece la huella de esta fusión, el desarrollo mayor de la clavícula izquierda indicaría que el sujeto es zurdo. Todos los huesos largos estaban totalmente fusionados y con porosidad, con lo cual superaban claramente los 30 años.

COSTILLAS Y SUS TERMINACIONES

ESTERNALES. Utilizamos los criterios de Iscan y Loth, (1989). En un individuo joven el extremo de las costillas es romo, ligeramente ondulado. Poco a poco la superficie se va hundiendo por la aparición de una corona en el borde. En la parte interior aparecen granulaciones producto de la degeneración de la superficie (figura 9). En los individuos de mayor edad la superficie es muy profunda y la corona muestra un aspecto irregular por la calcificación del cartílago. Pudimos observar diferentes fases en las costillas, en su mayoría se encuentran en la fase 5 (35 y 45 años), aunque una de ellas la datamos en la fase 4.

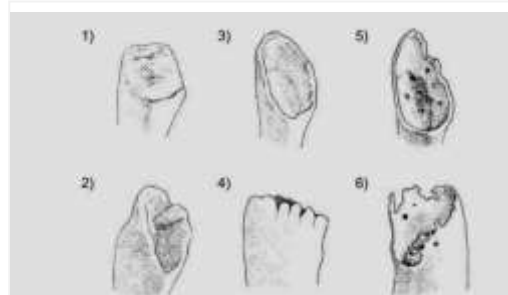


Fig. 9.- Costillas y sus terminaciones

Pudimos observar diferentes fases en las costillas, en su mayoría se encuentran en la fase 5 (35 y 45 años), aunque una de ellas la datamos en la fase 4.

SUTURAS CRANEALES. Este proceso es antiguo y controvertido, varía con el tipo de población. Aunque muchos los autores han puesto en duda la efectividad de este método para establecer la edad de un individuo (gran variabilidad intra e interpoblacional, (Masset, 1989)), Meindl y Lovejoy (1985) rescataron este método. Lo que hicieron fue seleccionar una serie de 17 segmentos de 1 cm en diez suturas y lo registraron en una escala desde 0 (abierto) hasta 3 (completamente cerrada) (Buikstra, 1994). Los resultados se valoran en la tabla 1. Un buen criterio para determinar este periodo es el cierre de la sutura basio esfenoidal. Esta sincondrosis comienza a cerrarse alrededor de los 17 años y aparece totalmente obliterada (cerrada por los dos lados) entre los 22 y 25 años (Krogman e Iscan, 1986). Este método debe ser utilizado en combinación con otros, como el cierre de la sutura palatina y dentición (figura 10).

Tabla 1. Valoración aproximada de la edad

CRÁNEO	Suma de grados de fusión	Meindl y Lovejoy
CAJA CRANEAL:	2+3+3+3+3+2+1= 17	Entre 38 y 59 años
SISTEMA LATERAL:	2+1+3+3+2= 11	Entre 47.7 y 64,7 años

Tabla 2 Estimación de la edad por el sistema de la obliteración ectocraneal (según Meindl & Lovejoy 1985, White 2000)

caja craneal (1-7)							
0 (abierta)	1, 2	3-6	7-11	12-15	16-18	19, 20	21 (cerrado)
	20,9-40,1	26,9-42,5	30,3-48,5	32,6-57,8	38,3-59,3	38,9-64,1	
35-49	18-45	22-48	24-60	24-75	30-71	23-76	40-
sistema lateral / anterior (6-10)							
0, 1	2	3-5	6	7, 8	9, 10	11-14	15 (cerrado)
23,7-40,3	30-42,4	31,1-51,1	32,7-54,1	36,3-54,4	39,4-64,4	47,7-64,7	
19-48	25-49	23-68	23-63	32-65	33-76	34-68	

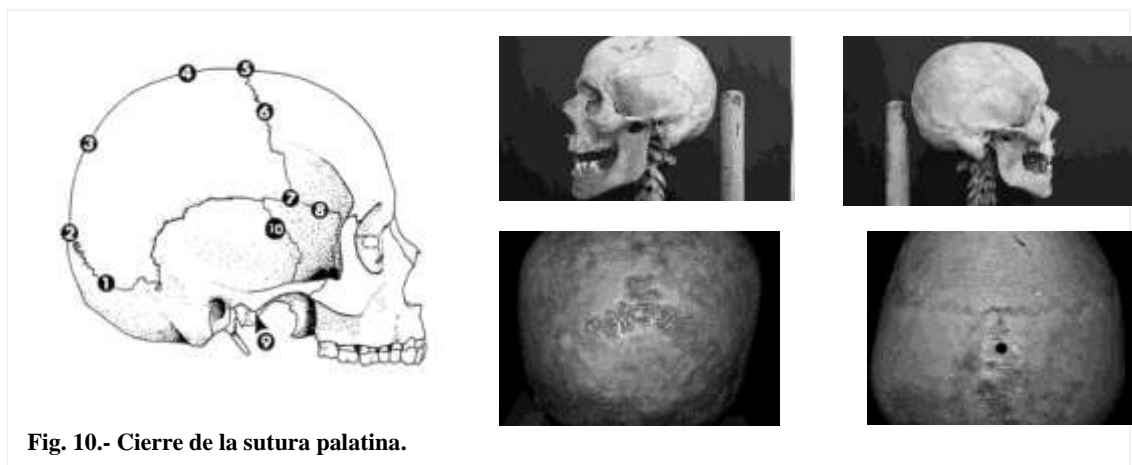


Fig. 10.- Cierre de la sutura palatina.

DENTICIÓN. Nuestro método está basado en que, una vez que los dientes han aparecido, se comienzan a desgastar. El ritmo y el patrón de este desgaste están condicionados por la secuencia de desarrollo. Para entender las bases de la técnica se presenta el siguiente ejemplo: un primer molar acumula aproximadamente 6 años de desgaste antes de que salga el segundo molar del mismo individuo. Cuando una cantidad similar de desgaste (equivalente a 6 años) se encuentra en un tercer molar de otro individuo, asumiendo que éste ha erupcionado a los 18 años, la edad de ese individuo se puede estimar en $18+6= 24$ años. En nuestro esqueleto la mandíbula en la dentadura inferior presenta tan sólo cuatro piezas dentales, un molar 1° y tres premolares (dos 1° y un 2°), también observamos que había perdido de joven los dos molares 2° o no le habían salido ya que no presenta orificios en ese tramo, todos los dientes presentan corona en bastante buen estado, e incluso el 2° premolar presenta un empaste metálico y el molar una caries lateral (figura 11). Según esto, el primer molar de la dentadura inferior correspondería a un individuo



Fig. 11.- Dentición de nuestro esqueleto.

de menos de 30 años, lo cual no coincide con el resto del esqueleto. Y el premolar superior con más de 50 años.

En la dentadura superior solo aparece un premolar muy deteriorado, que ha perdido la corona y está deteriorado. Lo que nos haría indicar que la inferior y la superior no son del mismo individuo aunque encajan perfectamente, pero sus desgastes son muy diferentes.

SUTURA PALATINA. Comprobamos que se aprecian cerradas, lo que corresponde a más de 50 años.

MODIFICACIÓN DE LAS VÉRTEBRAS. Se trata de un rasgo muy relacionado con la edad. Albert y Maples (1995) analizaron la fusión del aro epifisial del cuerpo de las vértebras (figura 12). Además ellos observaron las modificaciones causadas por cambios óseo-artríticos en los bordes de las vértebras (osteofitosis) que ocurren a partir de los 30 años. Es la etapa 4 la que corresponde con nuestro esqueleto; Etapa 4: (>30 años) en los cuerpos de las vértebras aparecen procesos de osteoartritis. El hueso parece con más porosidad y en los bordes se presentan osteofitos.

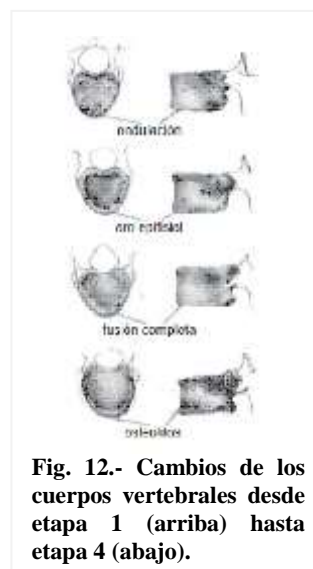


Fig. 12.- Cambios de los cuerpos vertebrales desde etapa 1 (arriba) hasta etapa 4 (abajo).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados han sido realmente sorprendentes pues no esperábamos que nuestros restos fueran tan dispares, no coincidían ni en edad ni en sexo, los huesos largos eran de mujer de avanzada edad, las vértebras de varón de más de 40 años (tabla 3), las costillas de edad entre 30 y 45, el cráneo varón de más de 50 años y menos de 60 (figura 13), la mandíbula inferior es de un varón de menos de 30 años la pelvis también de varón entre 40 y 50 años (Fig.14). Con lo que nuestros restos claramente corresponden a varios individuos. En el IES Lucía de Medrano nos han informado que los trajeron de Zamora en 1973, provenían de otro centro que seguramente lo compró y los extraerían de un osario o una fosa común. Confirmamos nuestra hipótesis solicitando ayuda del patólogo de la clínica forense salmantina que nos corroboró que estaba formado por varios individuos. Nuestros resultados se resumen en la tabla 3.

Tabla 3. Resultados obtenidos en el estudio realizado a los huesos del esqueleto del laboratorio del IES Lucía de Medrano de Salamanca

HUESO	MEDIDA	CONCLUSIÓN
 ATLAS	6.5cm	
 CLAVÍCULA	14.5 cm	
 ESTERNÓN	Manubrio: 4 cm Esternón: 14 cm	
 OMÓPLATO	Cavidad glenoidea	DUDOSO
 FÉMUR	38.5 cm long 4 cm cabeza fémur Triangulo popliteo: equilatero	
 TIBIA	30.5cm	
 PERONÉ	30.5cm longitud 8 mm de diámetro epífisis	
 HÚMERO	27.8 cm	

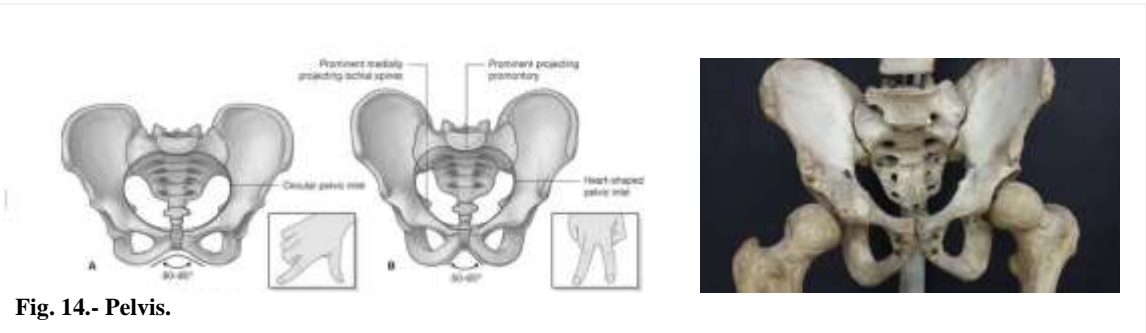
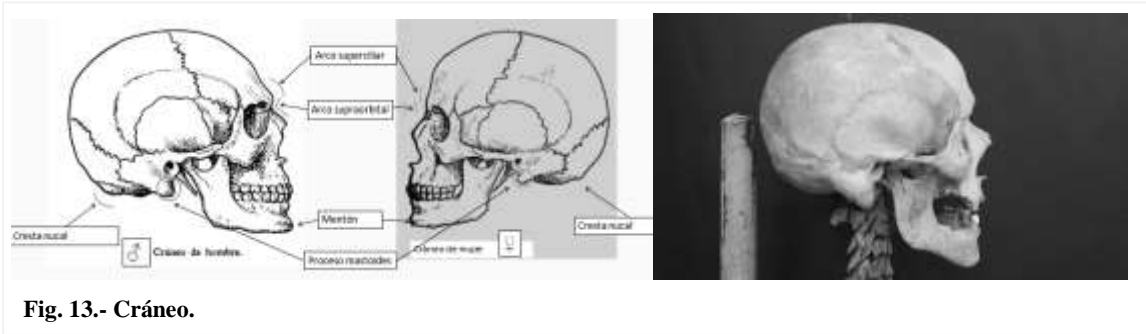






Tabla 4. Estimaciones de edad de restos óseos.

HUESO	ESTUDIO	DATOS OBTENIDOS	CONCLUSIÓN (parámetro de edad)
 CRÁNEO	SUTURAS CRANEALES	OBLITERACIÓN 90%	48 -61
	DESGASTE DENTAL	DIFERENCIAS ENTRE SUPERIOR E INFERIOR	SUPERIOR : +50 INFERIOR: - 30
 PELVIS	SÍNFISIS PÚBICA Faceta y carilla	DEFINIDO CONTORNO SUPERFICIAL, LISA, SIN BORDE	40 -50
	ACETÁBULO	LABIO POCO DEFINIDO	±50
	ZONA ILIOISQUIÁTICA	POROSIDAD APARENTE	+45
 HUESOS LARGOS	HÚMERO	OSIFICACIÓN DE EPÍFISIS: SI	+20
	FÉMUR	OSIFICACIÓN DE EPÍFISIS: SI	+22
	CLAVÍCULA	OSIFICACIÓN ESTERNAL: SI	+25
 COSTILLAS ESTERNALES	FORMA EXTREMIDAD	FASE 4	33 -45

Nos dimos cuenta que determinar el sexo era sencillo pero la determinación de la edad (tabla 4) era más complejo de lo que creíamos, además de no disponer de los medios adecuados, la edad es una variable difícil de hallar con exactitud.

AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría agradecer la ayuda recibida del Instituto Medicina Legal y Ciencias Forenses. Subdirección (Salamanca); en concreto de la patóloga forense Sonsoles Castro, a la asociación de Padres del Centro (AMPA) que junto con el IES Lucía de Medrano colaboró económicamente y al departamento de Ciencias que apoyó nuestro proyecto en todo momento.

REFERENCIAS

- Albert, A. y Maples, W.(1995). Stages of Epiphyseal Union for Thoracic and Lumbar Vertebral Centra as a Method of Age Determination for Teenage and Young Adult Skeletons. *Journal of Forensic Sciences*, Vol. 40 (4), 623-633.
- Buckberry, J.L. y Chamberlain, A.T. (2002). Age estimation from the auricular surface of the ilium: A revised method. *American Journal of Physical Anthropology*, 119 (3), 231–239.
- Buikstra, J. y Ubelaker, D. (1994) Standards for data collection from Human Skeletal Remains. *Arkansas Archaeological survey research series*, 44.
- Krogman W.M. E Iscan M.Y. (1986). The human skeleton in forensic medicine. *Springfield, IL: C.C. Thomas*.
- Iscan, M.Y. y Loth S.R. (1989). Osteological manifestations of age in the adult. *In Reconstruction of life from the skeleton*. Ed. Iscan y Kennedy, 23-40.
- Masset, C. (1989). Age estimation on the basis of cranial sutures. *In. MY Iscan (ed): Age Markers in the Human Skeleton*. Springfield, CC Thomas, 71-103.
- Meindl, R.S. y Lovejoy C.O. (1985). Ectocranial suture closure: a revised method for the determination of skeletal age at death based on the lateral-anterior sutures. *American Journal of Physical Anthropology*, 68, 57-66.
- Todd, T.M. y D’Errico, J. (1928). The Clavicular Epiphyses. *American Journal of Anatomy*, 41, 25-50.
- Brooks S y Suchey JM. (1990) Skeletal age determination based on the os pubis: a comparison of the asca’di-nemeske’ri and Suchey–Brooks methods. *Journal of Human Evolution*,5, 227–38.

DESARROLLO DE UN RELOJ SOLAR DE PIES BASADO EN LA LONGITUD DE LA SOMBRA PROYECTADA (Reloj hecho para la ciudad de Logroño -La Rioja, España- y acomodado a las características físicas del autor)

*DEVELOPMENT OF A SOLAR FOOT CLOCK BASED ON THE PROJECTED SHADOW LENGTH
(Clock made for the city of Logroño -La Rioja, Spain- and adapted to the physical characteristics of the author)*

Pablo Eusa López de Murillas¹ y Carmen Arnedo Franco*²

IES Práxedes Mateo Sagasta. Calle Luis de Ulloa, 37, 26003 Logroño, La Rioja

¹ pablo7297@gmail.com; ² arnedofranco@gmail.com

* Profesora coordinadora

RESUMEN: La medida del tiempo ha sido una de las mayores preocupaciones de la humanidad a lo largo de toda su historia y el sol el referente fundamental que han utilizado muchas civilizaciones para organizar las rutinas de sus vidas. El objetivo de este trabajo es encontrar el argumento matemático que sostiene una forma de medir el tiempo: el reloj de pies. Se trata de pronosticar el tiempo que queda hasta el ocaso en un momento del día midiendo la sombra que proyectamos con nuestros propios pies; una forma de medir el tiempo mucho más habitual de lo que uno se podría esperar, que sorprendentemente ha llegado hasta nuestros días.

Palabras clave: reloj, tiempo, medida, sol, coordenadas

ABSTRACT: The measure of time has been a great concern of mankind throughout its history. The sun has been his most important reference. Many civilizations used solar clocks to organize their routines. This work explains the mathematical functioning of the foot clock. A clock that calculates the time that remains until sunset, measuring the shadow that we project with our own feet. This is a way of approaching the time much more habitual than we think. It is still used in rural areas.

Key-words: clock, time, measurement, sun, coordinates

MERIDIES, 17-21 (2018): 61-70.
ISSN (versión impresa): 1137-8794

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, una de las mayores preocupaciones del hombre ha sido medir el tiempo, la mayoría de las veces por necesidad (regar, o ir a cazar antes de que anoheciera. Sin embargo, no fue hasta finales de la edad media cuando se inventó el primer reloj tal y como lo conocemos hoy en día. Pero...¿cómo se las ingeniaban anteriormente para medir el tiempo?

Desde los primeros relojes de sol y agua (clepsidras) usados en el antiguo Egipto hasta los que empleaban arena o velas para contabilizar las horas en la Edad Media, siempre se ha intentado precisar de la manera más exacta este fenómeno imparable. Aunque estos son algunos de los más famosos métodos de medida conocidos, se emplearon otros muchos que no desmerecen nada su labor, como en el caso que nos atañe: el reloj de pies.

Ya desde la época romana (en el siglo IV) el escritor y agrónomo Paladio hizo referencia a este sistema cuando habló sobre las labores agrónomas en el Imperio. En su obra "Agricultura"

encontramos las tablas de las longitudes de las sombras para cada mes del año con bastante precisión y con las correspondientes correcciones para que todo cuadrara según lo esperado.

Pero no pensemos que este sistema tan aparentemente rudimentario sólo sirvió para épocas pasadas o que carece de la precisión necesaria para ser utilizado ahora. Tenemos el caso de los regantes valencianos : en las huertas de Rafalet, se adquiere el derecho de riego un domingo de cada dos, cuando la sombra del medidor llega a una longitud de 7 pies propios. Y no solo en este caso, si no que, como narra Marco Polo en su “Libro de las Maravillas del Mundo” también en la India hacía uso de un sistema bastante similar. Siendo el reloj de pies tan sencillo de aplicar y transportar –lo llevamos siempre con nosotros-, no es difícil imaginar que se haya usado por más de una civilización a lo largo de la historia.

Vamos a intentar en esta exploración encontrar el fundamento matemático que sostiene el reloj de pies, analizando las relaciones entre nuestra sombra, la altura del sol sobre el horizonte y el número de horas que faltan para el ocaso en función de ambas.

EL SOL Y LA SOMBRA

La longitud de un pie es aproximadamente 2/3 del número de zapato que se calza. Por otro lado, una vez sabida la longitud del pie, podemos fácilmente expresar la altura de nuestro cuerpo en esa nueva unidad: pies. En mi caso (y puesto que mi objetivo es encontrar un reloj de pies a mi medida), resulta que mi altura es de 175 cm y calzo un 40. La longitud de mi pie será de:

$$2/3 * 40 = 26,66 \text{ cm}$$

Y mi altura, medida en pies, será por lo tanto: $175/26,66=6,5625$ Pies

Observamos ahora que el ángulo que forma el Sol con el horizonte, es decir, el ángulo que nos da la altura del Sol, es aquél cuya tangente mide el cociente entre nuestra altura y la longitud de nuestra sombra. Podemos, en ambos casos utilizar como unidad de medida los pies. Nuestra altura en pies ya la conocemos y medir la longitud de nuestra sombra en pies, es un fácil ejercicio puesto que la unidad de medida, ya incorporada a nuestro propio cuerpo. Luego ya enemos el primer dato que buscábamos:

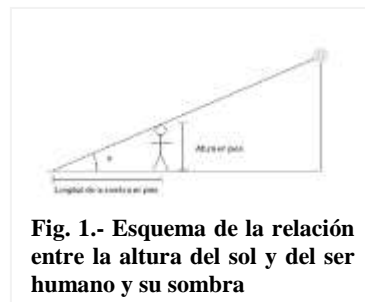


Fig. 1.- Esquema de la relación entre la altura del sol y del ser humano y su sombra

$$\text{Altura del Sol} = \text{arctg} \left(\frac{\text{Altura de la persona (pies)}}{\text{Longitud de la sombra (pies)}} \right)$$

SISTEMAS DE REFERENCIA

No podemos intentar entender qué pasa con los movimientos del sol o de otros astros sin definir un sistema de coordenadas que nos permita situar cada objeto celeste respecto a nuestra posición en la Tierra.

Existen varios sistemas de coordenadas para situar objetos en el firmamento, de los cuales nosotros vamos a emplear dos: las coordenadas horizontales y las ecuatoriales locales. Cada una tiene sus propias peculiaridades y su conjunción va a servir a nuestro propósito. Ambas dos se basan en la esfera celeste como espacio para situar los cuerpos celestes. Llamamos esfera celeste a una esfera ideal, sin radio definido y concéntrica con el globo terrestre sobre la cual, aparentemente, se mueven los astros. Esta esfera se proyecta desde la Tierra, situada el centro de la esfera y considerada un punto, y desde la cual se observan los astros, haciendo que el ojo del observador coincida con el centro de la Tierra.

Para guiarnos en la esfera celeste y entender con precisión las referencias que se toman en los diferentes sistemas, hay varios conceptos que hay que definir previamente:

- Dirección de la vertical se refiere a la dirección que marcaría una plomada en el punto que nos encontramos (hacia el centro de la Tierra). Los planos que pasan por la vertical se denominan verticales.

- Cénit astronómico es el punto de la esfera celeste situado exactamente encima de nosotros, intersección de la vertical ascendente con la esfera celeste. La distancia cenital es la distancia angular desde el cenit hasta un objeto celeste.

- Nadir, es el punto de la esfera celeste diametralmente opuesto al cenit

- Horizonte astronómico, celeste o verdadero de un lugar es el plano circular o círculo máximo perpendicular a la vertical de lugar que pasa por el centro de la esfera celeste.

- Polo celeste es la intersección de la esfera celeste con la prolongación del eje de rotación terrestre (también llamado eje del mundo) hasta el infinito.

- Polo norte celeste intersección del eje del mundo ascendente con la esfera celeste.

- Polo sur celeste intersección de eje del mundo descendente con la esfera celeste.

- Ecuador celeste es la proyección del ecuador terrestre sobre la esfera celeste, plano o círculo máximo perpendicular al eje del mundo que pasa por el centro de la esfera celeste.

- Meridiano celeste es el círculo máximo que pasa a través de los polos celestes y el cenit de un lugar.

- Paralelos celestes: similares a los paralelos terrestres, son los círculos menores de la esfera celeste paralelos al ecuador

Vamos a llamar S al astro cuya posición queremos describir y O al centro de la esfera celeste. El sistema de coordenadas horizontales, utiliza como dirección fundamental la vertical del lugar y como plano fundamental el perpendicular a la vertical, es decir, el horizonte. Como coordenadas utiliza las siguientes: por un lado, la altura (h) que es el ángulo que forma la dirección OS con el horizonte, contada de 0° a $+90^\circ$ o de 0° a -90° , según que OS forma un ángulo agudo u obtuso con la dirección del cenit. Por otro, el acimut (A) que es al ángulo diedro que forma la vertical del astro con el meridiano sur (o meridiano de huso o meridiano del lugar), línea imaginaria que recorre la esfera celeste pasando por el punto cardinal Sur y el cenit del lugar.

Las coordenadas ecuatoriales locales, sin embargo, toman como plano fundamental el ecuador celeste y como recta fundamental la dirección norte-sur del eje de giro terrestre. Las coordenadas son las siguientes: por un lado, el ángulo horario (H) que es el ángulo diedro formado por el meridiano del astro y el meridiano de huso o meridiano del lugar. Por otro, la declinación solar (δ) que es el ángulo que forma la dirección OS con el plano del ecuador, la cual es universal, válida para todo el globo. Se trata, por lo tanto, de unas coordenadas híbridas o semilocales, puesto que una de ellas tiene carácter absoluto y la otra depende de la posición del observador.

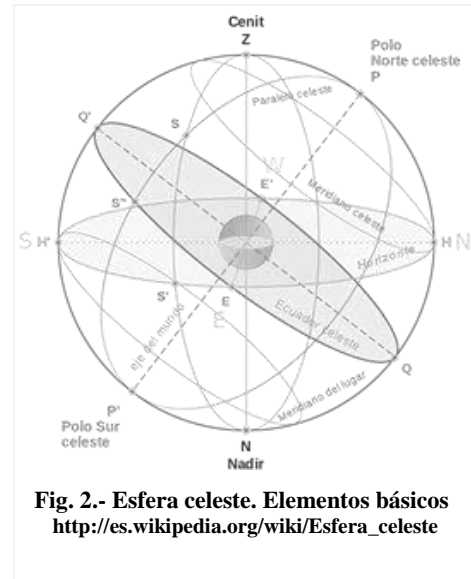


Fig. 2.- Esfera celeste. Elementos básicos
http://es.wikipedia.org/wiki/Esfera_celeste

Utilizando este sistema de coordenadas ecuatoriales locales podemos realizar una especie de reloj de Sol que nos sirva para saber cuántas horas quedan para que éste se ponga, suponiendo conocidos el día y el lugar en el que lo calculemos. Sin embargo, desde el punto de vista de un observador en la superficie de la Tierra, las coordenadas más fáciles de medir son las horizontales, así que, nuestro objetivo a partir de ahora, será encontrar la forma de pasar de un sistema de referencia al otro.

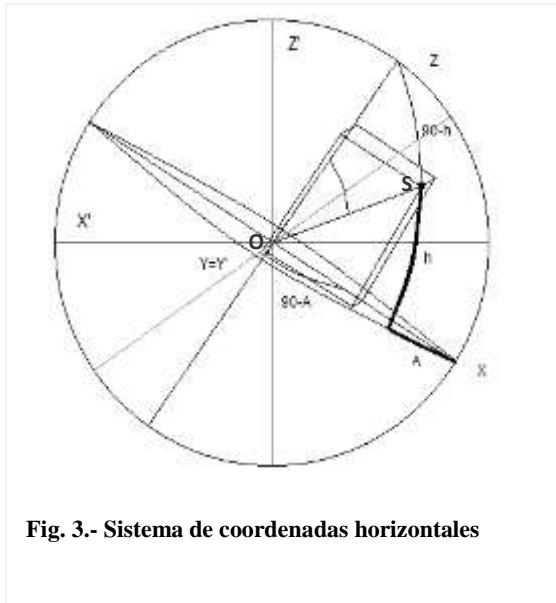


Fig. 3.- Sistema de coordenadas horizontales

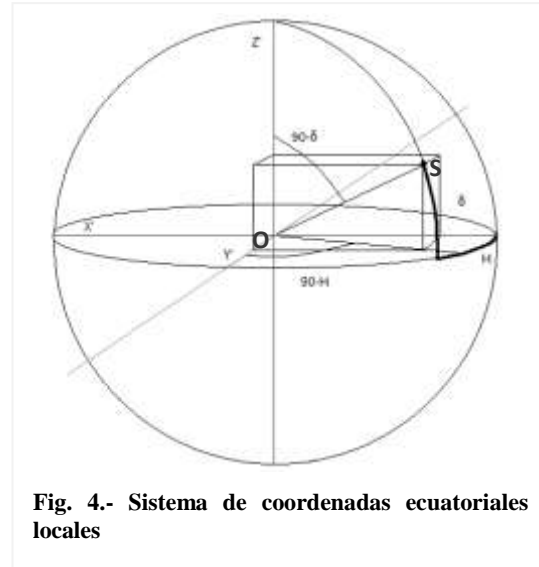


Fig. 4.- Sistema de coordenadas ecuatoriales locales

CAMBIO DE COORDENADAS

Si observamos con detalle los elementos que caracterizan ambos sistemas de referencia y, teniendo en cuenta que la dirección de la vertical de un lugar forma un ángulo con el Ecuador que es igual a la latitud del lugar (la llamaremos en adelante ϕ), vemos que se puede pasar de un sistema de referencia al otro por medio de un giro de $90 - \phi$ grados, en sentido contrario a las agujas del reloj, alrededor del eje común OY. Veamos cómo hacerlo.

Situamos el sol en un punto $P(x_p, y_p, z_p)$. Sus coordenadas horizontales vendrían dadas por la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} x_p &= \text{sen}(90-h) * \text{sen}(90-A) & x_p &= \text{cos}(h) * \text{cos}(A) \\ y_p &= \text{sen}(90-h) * \text{cos}(90-A) & \text{o lo que es lo mismo} & \rightarrow & y_p &= \text{cos}(h) * \text{sen}(A) \\ z_p &= \text{cos}(90-h) & z_p &= \text{sen}(h) \end{aligned}$$

Expresemos ahora el punto P en coordenadas ecuatoriales:

$$\begin{aligned} x_p &= \text{sen}(90-\delta) * \text{sen}(90-H) = \text{cos}(\delta) * \text{cos}(H) \\ y_p &= \text{sen}(90-\delta) * \text{cos}(90-H) = \text{cos}(\delta) * \text{sen}(H) \\ z_p &= \text{cos}(90-\delta) = \text{sen}(\delta) \end{aligned}$$

Como hemos dicho anteriormente, teniendo en cuenta que la vertical de un lugar forma un ángulo con el Ecuador igual a la latitud geográfica, tendremos entonces que el paso de un sistema de referencia al otro no es sino un giro del plano horizontal de observación un número de grados igual a la latitud de la situación en la que se encuentre el observador. En las representaciones esféricas, podemos observar que la diferencia entre la altura del Sol (en coordenadas horizontales) y la declinación del Sol (en coordenadas ecuatoriales) equivale al

ángulo complementario de la latitud del lugar desde el que se observa, es decir: $90 - \varphi$ (siendo φ la latitud). Este giro se realiza respecto al eje $Y=Y'$, el cual, gracias a esta característica, coincide en ambos sistemas.

Estudiaremos inicialmente cómo puede realizarse este giro en dos dimensiones (sobre el plano XZ y omitiendo el eje $Y=Y'$, que no varía) del modo que se presenta en la figura 5.

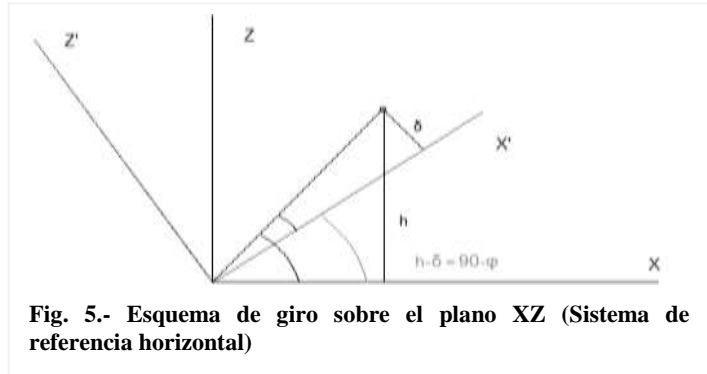


Fig. 5.- Esquema de giro sobre el plano XZ (Sistema de referencia horizontal)

A partir de las características del movimiento que se realiza sobre los ejes, podemos obtener su matriz de giro. En este caso el punto P tiene de coordenadas (a,b) y (a',b') , pertenecientes respectivamente a los ejes X y Z (sistema de referencia horizontal), y X' y Z' (sistema de referencia ecuatorial) respectivamente.

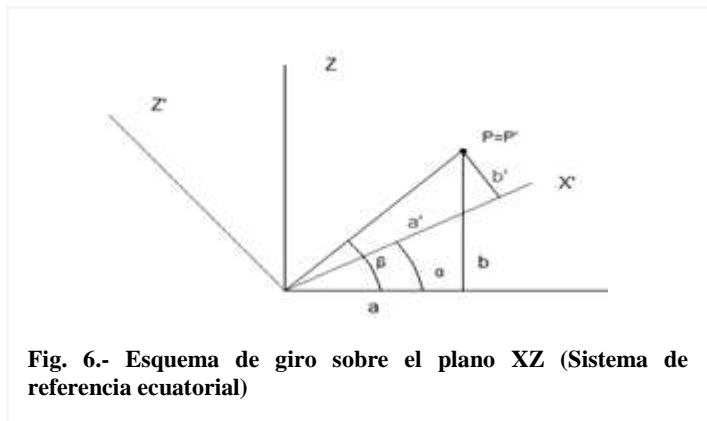


Fig. 6.- Esquema de giro sobre el plano XZ (Sistema de referencia ecuatorial)

Llamamos r al módulo del vector \overline{OP} , y $\beta - \alpha$ al ángulo que forma éste con el eje X'. Tenemos entonces que:

$$a' = r \cdot \cos(\beta - \alpha) = r \cdot (\cos(\beta)\cos(\alpha) + \text{sen}(\beta)\text{sen}(\alpha))$$

$$b' = r \cdot \text{sen}(\beta - \alpha) = r \cdot (\text{sen}(\beta)\cos(\alpha) - \cos(\beta)\text{sen}(\alpha))$$

Sustituyendo $\cos(\beta)$ y $\text{sen}(\beta)$ por sus respectivas expresiones, tenemos que:

$$a' = r \cdot (\cos(\alpha) \cos(\alpha) + \text{sen}(\alpha) \text{sen}(\alpha)) \rightarrow a' = a \cdot \cos(\alpha) + b \cdot \text{sen}(\alpha)$$

$$b' = r \cdot (\cos(\alpha) \text{sen}(\alpha) - \text{sen}(\alpha) \cos(\alpha)) \rightarrow b' = b \cdot \cos(\alpha) - a \cdot \text{sen}(\alpha)$$

De ahí que podamos expresar el giro de forma matricial de la siguiente manera:

$$\begin{pmatrix} a' \\ b' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\alpha) & \text{sen}(\alpha) \\ -\text{sen}(\alpha) & \cos(\alpha) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$$

Dado que la posición en Y al realizar el giro de (a,c,b) a (a',c',b') no varía, necesitamos expresar la matriz de giro obtenida como una 3x3, que además nos deje la coordenada "c" intacta. Para ello, construimos sobre la matriz identidad 3x3 una de giro aplicando la obtenida de 2x2, dejando libre la columna y fila del medio, que son las que corresponden a la "y".

$$\begin{pmatrix} a' \\ c' \\ b' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\alpha) & 0 & \text{sen}(\alpha) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\text{sen}(\alpha) & 0 & \cos(\alpha) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a \\ c \\ b \end{pmatrix}$$

Volviendo a nuestro problema, los cambios que se registran al pasar de coordenadas horizontales a ecuatoriales se dan en los ejes X y Z, mientras que la posición respecto a Y queda igual. Observamos que, en este caso, las coordenadas ecuatoriales se corresponden con (x',y',z') y las horizontales como (x,y,z) para el punto P, teniendo entonces:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(90 - \varphi) & 0 & \text{sen}(90 - \varphi) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\text{sen}(90 - \varphi) & 0 & \cos(90 - \varphi) \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

Es decir:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{sen}(\varphi) & 0 & \cos(\varphi) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\cos(\varphi) & 0 & \text{sen}(\varphi) \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

Sustituyendo por las expresiones obtenidas para la posición del sol al comienzo de este epígrafe, tenemos que:

$$\begin{pmatrix} \cos(\delta)\cos(H) \\ \cos(\delta)\text{sen}(H) \\ \text{sen}(\delta) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{sen}(\varphi) & 0 & \cos(\varphi) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\cos(\varphi) & 0 & \text{sen}(\varphi) \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} \cos(h)\cos(A) \\ \cos(h)\text{sen}(A) \\ \text{sen}(h) \end{pmatrix}$$

Pero, a nosotros nos interesa despejar las coordenadas horizontales puesto que nuestro objetivo es conocer la altura del sol. Si multiplicamos en ambos lados por la inversa de la matriz de giro (a la izquierda en ambos casos ya que las matrices no poseen la propiedad conmutativa) lograremos este objetivo.

$$\begin{pmatrix} \text{sen}(\varphi) & 0 & \cos(\varphi) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\cos(\varphi) & 0 & \text{sen}(\varphi) \end{pmatrix}^{-1} = \begin{pmatrix} \text{sen}(\varphi) & 0 & -\cos(\varphi) \\ 0 & 1 & 0 \\ \cos(\varphi) & 0 & \text{sen}(\varphi) \end{pmatrix}$$

Si despejamos $\text{sen}(h)$: $\text{sen}(h) = \cos(\varphi)\cos(\delta)\cos(H) + \text{sen}(\varphi)\text{sen}(\delta)$

Esta expresión nos permite conocer la altura del sol conociendo la latitud del lugar φ , la declinación del sol en un día determinado δ y el ángulo formado por el meridiano que pasa por el sol a una hora determinada y el meridiano del lugar H.

APLICACIÓN PRÁCTICA: MEDIODÍA Y OCASO

No olvidemos que el objetivo de esta exploración es hallar el número de horas que faltan desde un momento determinado hasta que se pone el Sol. Vamos a tomar como referencia el meridiano Sur o de huso y el ángulo que forma el sol con él. A partir de este ángulo, intentaremos conseguir nuestro objetivo.

Como se aprecia en la figura 7, el ángulo “H” u horario es el número de horas, medidas en grados, que han pasado desde el mediodía (Sol alineado con el meridiano Sur o de huso, es decir $H= 0^\circ$).

Cuando el ángulo H alcance el atardecer u ocaso, el ángulo nos medirá el número máximo de horas que tiene ese día (desde el mediodía hasta el ocaso). Basándonos en estas dos ideas, podemos decir que el número de horas que faltan para que se ponga el Sol (o el número de horas que han pasado desde el amanecer puesto que son simétricos), será igual a la diferencia entre la mitad del número máximo de horas de ese día y las horas que hayan transcurrido desde el mediodía:

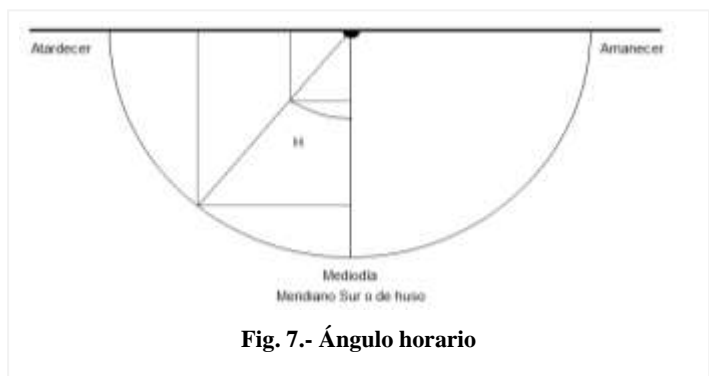


Fig. 7.- Ángulo horario

$$\text{N}^\circ \text{ de horas de Sol restantes} = \frac{\text{N}^\circ \text{ horas día}}{2} - \text{N}^\circ \text{ horas transcurridas desde el mediodía}$$

Vayamos pues a la práctica. Los dos casos más sencillos para calcular son el mediodía y el ocaso o el amanecer (pongamos el ocaso por comodidad). Cuando es mediodía, sucede que el ángulo $H = 0^\circ$, y por lo tanto, $\cos(H) = 1$.

De la expresión: $\text{sen}(h) = \cos(\varphi)\cos(\delta)\cos(H) + \text{sen}(\varphi)\text{sen}(\delta)$, tenemos que:

$$\text{sen}(h) = \cos(\varphi)\cos(\delta) + \text{sen}(\varphi)\text{sen}(\delta) \rightarrow \text{sen}(h) = \cos(\varphi - \delta) \rightarrow \text{sen}(h) = \text{sen}(90 - \varphi + \delta) \rightarrow$$

$$h = 90 - \varphi + \delta. \text{ (Ambos ángulos son agudos)}$$

Tenemos, por lo tanto, una forma muy sencilla de calcular la altura máxima del sol para cada día. Nos sirve simplemente con hacer $h = 90 - \varphi + \delta$, siendo φ la latitud del lugar y δ la declinación solar.

En el ocaso, la altura en coordenadas horizontales es 0 (el Sol se está poniendo, es decir, metiendo por el horizonte). Por lo tanto, $\text{sen}(h) = 0$, es decir:

$$0 = \cos(\varphi)\cos(\delta)\cos(H_0) + \text{sen}(\varphi)\text{sen}(\delta)$$

$$\cos(H_0) = (-\text{sen}(\varphi)\text{sen}(\delta)) / (\cos(\varphi)\cos(\delta)) = -\text{tg}(\varphi)\text{tg}(\delta) \rightarrow H_0 = \arccos[-\text{tg}(\varphi)\text{tg}(\delta)]$$

Con esta expresión tenemos, por lo tanto, el valor del ángulo horario máximo y, con él, el número de horas que van desde el mediodía hasta la puesta de sol. Como H_0 nos saldrá un valor en grados, tenemos que pasarlo a horas. Sabemos que cada huso horario ocupa 15° de la esfera terrestre, que con los 360° que la componen consiguen los 24 husos para las 24 horas que tarda nuestro planeta en dar una vuelta sobre sí mismo. Por ello, si dividimos el ángulo obtenido entre 15, obtendremos ese número de horas. Vamos a llamar Δh al número de horas que pasan desde el mediodía hasta el ocaso. Tendremos:

$$\Delta h = \frac{H_0}{15}$$

Si realizamos una tabla en Excel con los datos necesarios utilizando la fórmula anterior, que en este caso se transcribe como:

$$((\text{ACOS}(-\text{TAN}(\varphi) * \text{TAN}(\delta)) * 180) / (\text{PI}() * 15)) * 2$$

Sustituyendo cada letra por su valor correspondiente en el programa, obtenemos la duración total del día que viene recogida en la Tabla I.

Del mismo modo, a partir de las duraciones máximas del día que ya tenemos y las horas que pasan del mediodía (ángulo H) cuando nuestra sombra mide una determinada longitud, podemos hacer una tabla para ver cuántas horas faltan para el ocaso en estos días 21 de cada mes.

Mes	Día	Declinación solar (δ) /grados	Δh /grados	Δh /horas	Duración del día /horas
Enero	21	-20,046	70,488	4,699	9,398
Febrero	21	-10,798	79,946	5,330	10,659
Marzo	21	-0,029	89,973	5,998	11,996
Abril	21	11,631	100,860	6,724	13,448
Mayo	21	20,047	109,513	7,301	14,602
Junio	21	23,435	113,377	7,558	15,117
Julio	21	20,596	110,120	7,341	14,683
Agosto	21	12,334	101,546	6,770	13,539
Septiembre	21	0,964	90,883	6,059	12,118
Octubre	21	-10,456	80,275	5,352	10,703
Noviembre	21	-19,761	70,801	4,720	9,440
Diciembre	21	-23,431	66,628	4,442	8,884

$$\text{Altura del Sol} = \arctg \frac{\text{Altura de la persona}}{\text{Longitud de la sombra}} \rightarrow \text{Longitud} - \text{sombra} = \frac{\text{altura} - \text{persona}}{\text{tg}(h)}$$

Que nos proporciona “h”, a partir del cual obtenemos “H”:

$$H = \arccos\left(\frac{\text{sen}(h) - \text{sen}(\varphi)\text{sen}(\delta)}{\text{cos}(\varphi)\text{cos}(\delta)}\right)$$

Utilizamos la fórmula obtenida para la tabla anterior para saber la duración del día y la fórmula que nos dice las horas que han pasado en función de la longitud de nuestra sombra, que en Excel se expresaría de la siguiente manera:

$$((\text{ACOS}((\text{SIN}(h)-\text{SIN}(\varphi)*\text{SIN}(\delta))/(\text{COS}(\varphi)*\text{COS}(\delta))))*180)/(\text{PI}()*15)).$$

Por último, restando el valor obtenido del valor de duración del día obtenemos el número de horas que faltan para el ocaso cuando nuestra sombra mida cierta longitud. Pues bien, con este último valor elaboramos una tabla (Tabla II) para, dada la longitud de la sombra en pies, encontrar el número de horas que faltan para que el sol se ponga (medidas que, como hemos venido diciendo corresponden a la ciudad de Logroño y que están personalizadas en la altura y la medida del pie del autor de este trabajo).

Tabla II. Tabla de horas hasta el ocaso para cada mes según la sombra en pies.

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Día	21	21	21	21	21	21
Declinación (δ)°	-20,046	-10,798	-0,029	11,631	20,047	23,435
Horas de sol (medio día)	4,699	5,33	5,998	6,724	7,301	7,558
Sombra en Pies	Horas para el ocaso					
5				5,11	4,93	4,97
10		3,91	3,20	3,04	3,12	3,19
15	3,08	2,44	2,19	2,16	2,24	2,31
25	1,66	1,44	1,34	1,35	1,42	1,48
50	0,79	0,71	0,68	0,69	0,74	0,77
100	0,39	0,35	0,34	0,35	0,38	0,39

Mes	Julio	Agosto	Septiem	Octubr	Noviem	Diciembre
Día	21	21	21	21	21	21
Declinación (δ)°	20,596	12,334	0,964	-10,456	-19,761	-23,431
Horas de sol (medio día)	7,341	6,77	6,059	5,352	4,72	4,442
Sombra en Pies	Horas para el ocaso					
5	4,93	5,08				
10	3,13	3,04	3,17	3,86		
15	2,25	2,16	2,18	2,43	3,05	3,86
25	1,43	1,35	1,34	1,43	1,65	1,81
50	0,74	0,70	0,68	0,71	0,79	0,85
100	0,38	0,35	0,34	0,35	0,39	0,41

Sin embargo, puede que haya días en los que la sombra en su mínima longitud (al mediodía) no supere alguno de estos valores, por lo que no es posible que mida lo que pedimos. Para ver en qué casos sucede esto, podemos calcular las sombras mínimas de estos días al mediodía, empleando la fórmula cuando el ángulo horario es 0°, caso en el que su coseno es 1.

$$\text{sen}(h) = \cos(\varphi)\cos(\delta)\cos(H) + \text{sen}(\varphi)\text{sen}(\delta)$$

$$\text{sen}(h) = \cos(\varphi)\cos(\delta) + \text{sen}(\varphi)\text{sen}(\delta) = \cos(\varphi - \delta) \rightarrow h = \arcsen(\cos(\varphi - \delta))$$

$$\text{Longitud - sombra} = \frac{\text{altura - persona}}{\text{tg}(h)}$$

Fórmula que en Excel se transcribiría de la siguiente forma: $6.56/TAN(h)$. Y para los mismos días que antes (21 de cada mes) la longitud de la sombra a mediodía sería la recogida en la Tabla III.

Así en los casos de Enero, Noviembre y Diciembre, la sombra nunca será menor de 10 pies, y mucho menos de 5. Del mismo modo, en Febrero, Marzo, Septiembre y Octubre tampoco podremos ver sombras de menos de 5 pies.

Tabla III. Longitud de la sombra a mediodía

Mes	Día	Declinación (δ)/°	Longitud al mediodía/pies
Enero	21	-20,046	12,60
Febrero	21	-10,798	8,79
Marzo	21	-0,029	6,01
Abril	21	11,631	3,91
Mayo	21	20,047	2,71
Junio	21	23,435	2,26
Julio	21	20,596	2,63
Agosto	21	12,334	3,81
Septiembre	21	0,964	5,80
Octubre	21	-10,456	8,68
Noviembre	21	-19,761	12,45
Diciembre	21	-23,431	14,66

CONCLUSIONES

Con la realización de este trabajo, me he acercado más a una de las circunstancias más comunes de la Tierra y que hoy en día suele pasar bastante desapercibida: el movimiento de la sombra que proyectan los cuerpos en la superficie de la Tierra. Antes de que existieran los sistemas modernos de medición del tiempo (osciladores eléctricos, relojes atómicos...) las sombras que por el Sol los objetos proyectaban en el suelo o una pared eran empleadas para cuantificar el tiempo, algo que ha sido extremadamente importante en el desarrollo tanto cultural como tecnológico de la humanidad.

Tras haber desarrollado el sistema que permite “convertir” una magnitud de la sombra, como es la longitud de ésta, en tiempo, no son necesarias más que unas sencillas mediciones para cuantificarlo. Basándonos en un antiguo sistema de medición que se servía de la longitud que medía la sombra de una persona para calcular el número de horas que faltan para la puesta de Sol (o las que han pasado desde el amanecer, de modo análogo) hemos desarrollado un sistema de características similares adecuado a nuestras circunstancias (situación geográfica, condición física, etc...). Este tipo de sistemas ya se empleaban en la época de los romanos, sin embargo, ha sido mucho más importante su influencia entre los regantes de Valencia, que lo empleaban durante los meses de verano, cuando el calor es más intenso, para cuantificar mejor los periodos de regadío y aumentar la eficacia de éstos.

Hay dos sistemas de diseño para este tipo de relojes de pies: de forma empírica o teórica. Por nuestra parte, hemos, mediante una serie de transformaciones geométricas, diseñado un modo puramente teórico para calcular las horas que quedan del día hasta el atardecer. Una vez conseguido esto, a partir de nuestra situación geográfica hemos creado una tabla para cuantificar este número de horas en diferentes momentos del año.

Además de haberme familiarizado más con este tipo de relojes de pies y su historia, he profundizado mis conocimientos en cuanto a trigonometría sobre esferas y he obtenido una visión sobre la posibilidad de adaptación del sistema a cualquier lugar de la Tierra, e incluso a otros astros que tengan una forma principalmente esférica.

Una vez resueltos todos los problemas que han ido apareciendo, nos encontramos con un sistema totalmente válido cuya precisión no tiene nada que envidiar a otros sistemas rudimentarios de medición temporal de épocas pasadas (otros relojes de sol, relojes de arena, de agua...), sobre todo en los meses de verano.

REFERENCIAS

- Moreno, A. (2014). Tablas de sombra o relojes de pies. *Blog Hortus Hesperidum* <<http://hortus-hesperidum.blogspot.com.es/2014/11/tablas-de-sombra-o-reloj-de-pies.html>> [Consulta 15/02/2015].
- Olivares, J. (1997). Reloj de pies. *Uno: revista didáctica de matemáticas*, 14, 114-116.
- Olivares, J. (2002). Relojes de Sol: sombras del pasado. *Métode*, nº 26. <<http://metode.cat/es/Revistas/Articulo/Rellotges-de-sol-ombres-del-passat>> [Consulta 15/02/2015].
- Wikipedia. “Wikipedia: la enciclopedia libre” (2014). <http://es.wikipedia.org/wiki/Esfera_celeste> [Consulta 10/02/2014].

IDENTIFICACIÓN DE DOS MUESTRAS DE ARCILLAS Y VALORACIÓN DE SUS PROPIEDADES PARA UN USO INDUSTRIAL

Identification of two clay samples and valuation of their properties for industrial use

Elena Baz Badillo¹

IES Vaguada de la Palma. Pza. de la Palma s/n. 37007 Salamanca

¹ elenabaz@gmail.com

RESUMEN: La arcilla se ha usado desde tiempos prehistóricos, especialmente en alfarería. Hoy se conocen muy diversas arcillas con diferentes propiedades y se utilizan en una gran variedad de campos. En este trabajo se realiza un estudio mineralógico de dos muestras de arcillas mediante difracción de rayos X. Para conocer sus posibles aplicaciones industriales se realiza el "Test de Westinghouse", que mide la capacidad de absorción. Los resultados indican que las muestras corresponden a esmectita, de estructura laminar, y paligorskita, de tipo fibroso. Los valores de absorción son similares (85,7% y 81,8%) pero la primera adquiriría una textura reblandecida, dificultando su manipulación, por lo que sería la paligorskita la que debería explotarse para fines industriales que aprovechen su alta capacidad absorbente.

Palabras clave: Paligorskita, esmectita, difracción de rayos X y Test de Westinghouse.

ABSTRACT: Clay has been used since prehistoric times, especially in pottery. Today different clays with different properties are known and used in a wide variety of fields. In this work a mineralogical study of two samples of clays is carried out by means of X-ray diffraction. In order to know their possible industrial applications, the "Westinghouse Test", which measures the absorption capacity, is carried out. The results indicate that the samples correspond to smectite, laminar structure, and paligorskite, fibrous type. The absorption values were similar (85.7% and 81.8%), but the first one got a softened texture, making it difficult its manipulation, so the paligorskite would be the one chosen for industrial purposes because of its high absorbent quality.

Key words: Paligorskite, smectite, X-ray diffraction and Westinghouse test.

MERIDIES, 17-21 (2018): 71-80.

ISSN (versión impresa): 1137-8794

INTRODUCCIÓN

Las arcillas industriales se pueden ordenar en tres grandes grupos: 1 Arcillas rojas o comunes; 2 Arcillas de cocción blanca, caolines, halloisitas y arcillas refractarias y 3 Arcillas especiales (esmectitas, sepiolitas, bentonitas, paligorskitas y attapulgitas).

Las arcillas rojas tienen aplicación fundamentalmente en la cerámica industrial (pavimentos, revestimientos y cerámica estructural) y alfarería, las arcillas de cocción blanca también se emplean en cerámica industrial, los caolines en las industrias del papel y la cerámica, las halloisitas en cerámica artística (porcelanas), las arcillas refractarias en chamotas para pavimentos de gres natural, las bentonitas en la industria de los absorbentes y el petróleo, las tierras de Fuller como absorbentes industriales, y finalmente las sepiolitas y paligorskitas en el campo de los absorbentes domésticos.

Este trabajo se va a centrar en las arcillas especiales cuyo amplio abanico de usos (tabla 1) está propiciando un interés creciente. El identificar los tipos de arcilla de un yacimiento y valorar sus posibles aplicaciones resulta de un gran interés práctico tanto para las empresas mineras que se encargan de su extracción como para la industria de muy variados materiales.

Tabla I. Principales usos de las arcillas especiales (Murray, 1999).

Adhesivos.	Fertilizantes.	Agentes antiaglomerantes.
Absorbentes en las cajas de arena de mascotas domésticas.	Soportes para catalizadores.	Compuestos para obturación de juntas.
Absorbentes para recoger desechos en suelos industriales.	Emulsiones de asfalto.	Sellantes.
Pintura.	Cosméticos.	Fibras de refuerzo y relleno.
Como líquido de perforación.	Absorbentes de contaminantes medioambientales.	Refinado de petróleo.
Farmacéuticos.	Barreras de almacenamiento de	Refinado de aceites minerales y

Estructura de los minerales de arcilla

Los minerales de la arcilla son aquellos filosilicatos cuyas propiedades físico-químicas dependen de su estructura y de su tamaño de grano, siempre inferior a 2 µm.

Las propiedades de estos minerales son una consecuencia directa de su estructura. Por ello, es imprescindible conocerla. Las unidades estructurales de los filosilicatos son los grupos [SiO₄]⁴⁻, que se unen consolidando tetraedros, uniéndose estos, a su vez, entre sí y formando la llamada “capa tetraédrica” al extenderse en ancho y largo infinitamente, de fórmula (Si₂O₅)²⁻. El silicio tetraédrico puede encontrarse sustituido, en parte, por Fe³⁺ o Mg³⁺ (García-Romero y Suárez, 2001). Al formarse estos enlaces, tres de los cuatro oxígenos quedan enlazados (“oxígenos basales”), formando parte de otros tetraedros, mientras que uno de ellos queda libre (“oxígeno apical”), por lo que la capa tetraédrica queda cargada negativamente (figura 1). Asimismo, se forma una capa octaédrica que queda cargada positivamente dada la presencia de cationes, normalmente de aluminio o magnesio, en el seno de cada octaedro.

Dependiendo de los cationes que alberguen, se reconocen capas trioctaédricas, con Mg²⁺ o Fe²⁺ ocupando todas las posiciones posibles, o capas di-octaédricas, con Al³⁺ o Fe³⁺ ocupando dos de cada tres posiciones posibles.

El plano de unión entre ambas capas lo ocupan los oxígenos apicales de las hojas tetraédricas formando hexágonos; hexágonos en cuyo centro se colocan grupos (OH)⁻ pertenecientes a la capa octaédrica (figura 2).

Existe un criterio de clasificación de los filosilicatos que depende de cómo se unan estas capas: “bilaminares”, 1:1 o T:O si se une una capa octaédrica con una sola capa tetraédrica, y “trilaminares”, 1:2 o T:O:T, si se une con dos. Este último tipo también es llamado “estructura tipo sándwich”. A cada unidad formada por una capa octaédrica y otra u otras dos tetraédricas se le denomina “lámina”. En algunos filosilicatos, la lámina no es eléctricamente neutra debido a las sustituciones de algunos de los cationes por otros de carga distinta. Para compensarlo, en el espacio interlaminar, que es el espacio existente entre dos láminas consecutivas, se colocan cationes, como en las micas, cationes hidratados, como en las esmectitas y las vermiculitas, o grupos hidroxilo cuya disposición es similar a la adquirida en la capa octaédrica. Los cationes

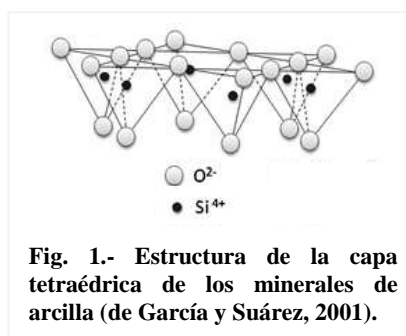


Fig. 1.- Estructura de la capa tetraédrica de los minerales de arcilla (de García y Suárez, 2001).

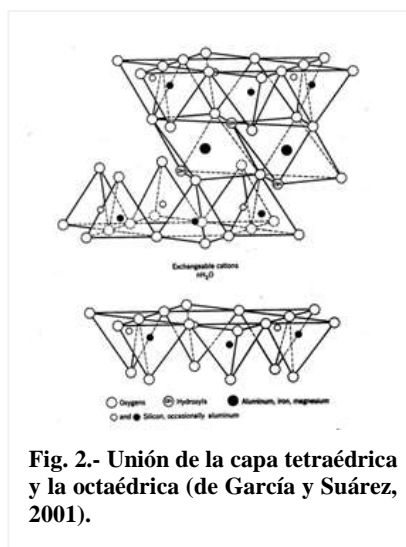
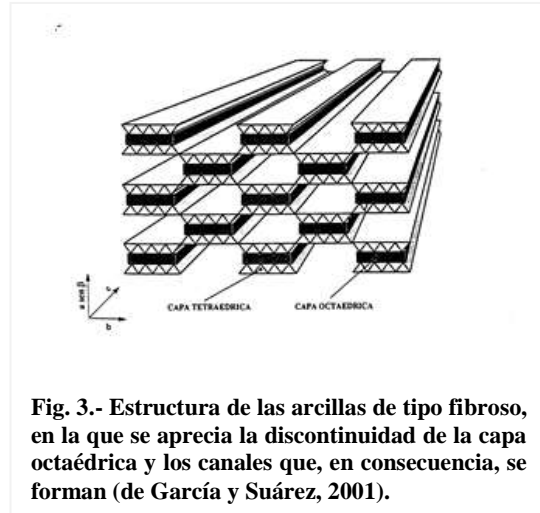


Fig. 2.- Unión de la capa tetraédrica y la octaédrica (de García y Suárez, 2001).

más frecuentes que se encuentran en la interlámina son los de elementos alcalinos y alcalinotérreos.

Así, los minerales de arcilla se forman por el apilamiento de sucesivas láminas, ya sean de un tipo u otro. Dadas las débiles fuerzas de unión entre las unidades estructurales, es decir, la unidad formada por la lámina y el espacio interlaminar, las arcillas poseen una dirección de exfoliación definida paralela a la disposición de las láminas (Martín Puig, 2010).

Podríamos pensar, por tanto, que todas las arcillas son laminares, pero no es así. Son también pertenecientes a este grupo las paligorskitas y las sepiolitas. Estas dos especies minerales se diferencian del resto de filosilicatos en su estructura: la capa basal de oxígenos es continua; sin embargo, los oxígenos apicales sufren inversiones periódicas cada 8 posiciones octaédricas, en el caso de la sepiolita, y cada 5 en la paligorskita. Así, se crea una interrupción sucesiva de la capa octaédrica, siendo sus láminas discontinuas (figura 3.). Este hecho le aporta a la paligorskita y a la sepiolita un hábito fibroso, con canales “vacíos” en su interior.



Propiedades físico-químicas y aplicaciones industriales

Las propiedades físico-químicas de este grupo de minerales son debidas a algunas de las características explicadas previamente, en especial a tres factores: primeramente, a su morfología laminar; en segundo lugar, a las sustituciones isomórficas, que dan lugar a la aparición de carga en las láminas y a la presencia de cationes débilmente ligados en el espacio interlaminar; y, por último, a que debido a estos numerosos defectos cristalinos de las arcillas, su carga se encuentra distribuida desordenadamente y, en consecuencia, su tamaño de grano nunca es superior a $2\mu\text{m}$.

Así, las arcillas poseen las siguientes propiedades.

Superficie específica. Las arcillas poseen una elevada superficie específica debido a la morfología laminar y al pequeño tamaño de partícula y a la vez, una gran superficie activa con enlaces no saturados, por ello pueden interaccionar con muy diversas sustancias, en especial con compuestos polares. Las arcillas tienen en muchos casos la capacidad de hincharse, desarrollando propiedades reológicas en suspensiones acuosas, lo que les da un gran valor en determinados usos industriales (Carrero Funez, 2011).

Capacidad de intercambio catiónico (CEC). Debido a las sustituciones isomórficas que sufren las arcillas, la capacidad de intercambio catiónico se define como la suma de todos los cationes de cambio que un mineral puede adsorber a un determinado pH y es equivalente a la medida del total de cargas negativas del mineral. Esta es una propiedad fundamental de las esmectitas.

Capacidad absorbente. Algunas especies de arcilla pueden absorber agua u otras moléculas en su espacio interlaminar, como la esmectita, o en sus canales estructurales, como la paligorskita. Esta propiedad es muy importante, ya que estos minerales encuentran su principal campo de aplicación industrial en el sector de los absorbentes. Distinguimos aquí dos procesos, aunque no suelen darse de forma aislada: absorción, cuando se trata fundamentalmente de procesos físicos como la retención por capilaridad, y adsorción, cuando existe una interacción de tipo químico entre el adsorbente, en este caso la arcilla, y el fluido adsorbido, denominado

adsorbato. La capacidad de adsorción se expresa en porcentaje de adsorbato con respecto a la masa.

Hidratación e hinchamiento. La absorción de agua en el espacio interlaminar trae como consecuencia la separación de las láminas, dando lugar al hinchamiento. En el caso concreto de las esmectitas, pueden llegar a disociarse completamente cristales individuales de este mineral. Como consecuencia, la esmectita posee un alto grado de dispersión y un máximo desarrollo de propiedades coloidales. Esta gran capacidad de hinchamiento de la esmectita es debido a que el catión presente en su interlámina es el sodio. Sin embargo, si fuera calcio o magnesio, el hinchamiento sería mucho más reducido.

Tamaño de la partícula. Como hemos mencionado antes, el tamaño de grano de los minerales de arcilla jamás supera las 2 μm . Debido a su gran finura, las arcillas se pueden mantener en suspensión en el agua un cierto tiempo, aun estando ésta en reposo (fluidificación). Posteriormente, se depositan en estratos del mismo modo en que se formó la roca original. Esta propiedad se aprovecha a la hora de preparar muestras de arcillas para estudios mineralógicos.

Tixotropía. Es la pérdida de resistencia de un coloide, al amasarlo, y su posterior recuperación con el tiempo. Para que una arcilla tixotrópica muestre este comportamiento, deberá poseer un contenido en agua próximo a su límite líquido; de otra forma, existirá posibilidad de comportamiento tixotrópico.

Plasticidad. La gran plasticidad de estos minerales se debe a su morfología laminar, a su pequeño tamaño de partícula, el cual conlleva una gran área superficial, y a su alta capacidad de hinchamiento. El agua forma una envuelta sobre las partículas laminares produciendo un efecto lubricante que facilita el deslizamiento de unas partículas sobre otras al ejercerse una fuerza sobre ellas. La plasticidad de las arcillas puede medirse mediante los Límites de Atterberg. Según Atterberg, una arcilla es más plástica cuanto más separados están su límite plástico, que es el porcentaje de agua mínimo que hace que sea moldeable una pasta cerámica, y su límite líquido, definido como el porcentaje de agua añadida a la pasta que hace que ésta no tenga la suficiente resistencia mecánica para ser moldeable (Casagrande, 1932, 1958; citados en Nagaraj et al., 2012).

Técnicas de difracción de rayos X en arcillas

La difracción es un fenómeno de dispersión de rayos X en el que participan todos los átomos que constituyen el material irradiado. Debido al ordenamiento periódico de los átomos en una estructura cristalina, los rayos dispersados en distintos átomos llevan entre si un cierto desfase, interfiriendo en su trayectoria posterior, y solo algunos presentarán interferencia constructiva (figura 4) (Tuesta y Vásquez, 2012). Las condiciones para esta interferencia, entre ondas diferentes, se cumplen cuando al someter a una muestra a esta técnica, se obtiene un difractograma en el que cada pico de difracción habrá sido producido por una familia de planos atómicos. La posición de cada pico indica la distancia interplanar. Por otra parte, la intensidad del pico está asociada a los átomos que están presentes y la ubicación de éstos en los planos atómicos.

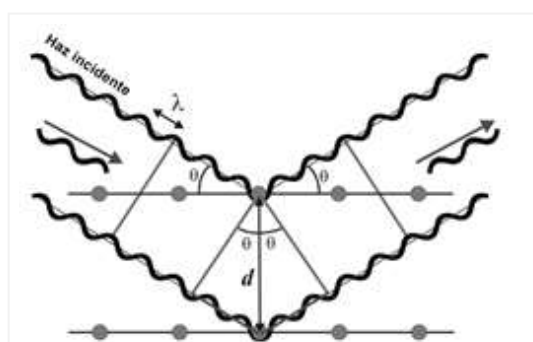


Fig. 4.- Ley de Bragg; donde λ es la longitud de onda el haz incidente de rayos X (definido), d es la distancia entre planos y θ es el ángulo formado entre los planos y el haz incidente (específico de cada muestra) (de Tuesta y Vásquez, 2012).

En los minerales de arcilla, como consecuencia de su estructura, la difracción de rayos X es la de sus planos basales. La distancia entre las capas cristalinas basales y la intensidad de la difracción depende, además, del catión de cambio que las satura y de la naturaleza y cantidad del líquido absorbido entre esas capas. En estos dos hechos se basa, por tanto, su identificación. Se deben realizar varias difracciones con las muestras tratadas de formas diferentes, ya que un mismo valor con un mismo tratamiento puede corresponder a varias especies de arcillas, y el análisis no sería concluyente. Por ello se sigue el siguiente procedimiento, siempre con una porción homogeneizada, que represente todo el problema a estudiar:

- Método de polvo desorientado: se pulveriza la muestra, obteniendo partículas de unas 2 μ m, aproximadamente. Este polvo contendrá impurezas de otros minerales. Este primer difractograma que se obtenga, indicará si es un filosilicato T:O o T:O:T y las impurezas que pueda contener, pero no mostrará la especie.
- Separación granulométrica, aplicando la Ley de Stokes, y orientación preferencial: aunque en el método anterior los cristales se colocan en todas las direcciones posibles, de tal forma que siempre habrá un número de ellos en disposición adecuada para dar un máximo de difracción para un grupo de planos determinado, al preparar la muestra en forma de agregado orientado se logra favorecer la orientación de los minerales sobre su plano basal, potenciando la difracción de los espaciados basales distintivos de los diferentes minerales. Esta prueba puede despejar dudas que se presentaban tras el primer difractograma, pero no es concluyente.
- Saturación con etilenglicol: al saturar los espaciados basales, estos se expanden y se produce un desplazamiento del pico principal del difractograma. Este tratamiento se le aplica a la muestra previamente preparada en un agregado orientado.
- Tratamiento térmico: al calentar el agregado orientado a 550°C se consigue que, en caso de que la muestra contenga agua en su espaciado basal, ésta se evapore y, por tanto, esa distancia disminuya, moviendo el pico principal del difractograma.

Comparando los resultados obtenidos tras seguir esta rutina, es posible identificar con precisión la especie de arcilla de la que se dispone.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo experimental constó de dos partes, la primera de ellas se pudo llevar a cabo gracias a la ayuda y colaboración de la Dra. D^a Mercedes Suárez, Jefa del Departamento de Geología de la Universidad de Salamanca, esta parte consistió la realización del estudio mineralógico de las dos muestras con difracción de rayos X utilizando un difractómetro de la marca Siemens, modelo D-550 (figura 5). La segunda parte fue la comprobación de las posibles aplicaciones industriales de ambas con el test de Westinghouse.



Fig. 5.- Difractómetro marca Siemens, modelo D-550 con el que se realizó el experimento. Tubo con anticátodo de Cu, monocromado de cristal curvo de grafito. Radiación empleada: K.

Se han estudiado materiales arcillosos procedentes de sendos yacimientos en explotación, Cortijo de Archidona, en la Serrata de Níjar y Torrejón el Rubio. La explotación de Cortijo de

Archidona, al igual que los más de 30 afloramientos de la zona, se trata de una cantera a cielo abierto de bentonitas de muy alta calidad (García-Romero et al., 2012). La muestra procedente de esta cantera se etiquetó como “ECOR”. El yacimiento Torrejón el Rubio se sitúa en la pequeña cuenca terciaria del Parque Nacional de Monfragüe, en Cáceres (García-Romero et al., 2014). La muestra extraída se etiquetó como “ETOR”.

Para poder identificar correctamente una muestra mineral, es necesario que ésta represente todo el problema a estudiar. Por ello, es necesario un proceso de homogeneización, que se aplicó a ambas muestras: se bajó el tamaño de grano con una maza y se cuarteó repetidas veces. Teniendo un tamaño de grano considerablemente menor, se procedió a la preparación de dos muestras:

- Polvo con impurezas de otros minerales (roca total).
- Agregado orientado, menor de 2µm.

Para el método de difracción de polvo desorientado, se consiguió un polvo de tamaño de grano menor de 50 µm con un mortero manual de ágata (figura 6). El pulverizado se realiza en un mortero manual para evitar posibles alteraciones de cristalinidad.

Se prepararon 4 agregados orientados, 2 de cada muestra. Se elaboró una suspensión 1:6 con cada una de las muestras, utilizando aquellas que no habían pasado por el mortero; es decir, que sólo se había bajado el tamaño de grano con la maza. Se colocó muestra en un tubo de ensayo, llenando aproximadamente 1/6 de éste y se enrasó con agua destilada. A continuación, se agitó durante unas 24 horas (figura 7.). De este modo, se consigue que las impurezas de otros materiales que pueda contener la muestra precipiten al fondo y que en la parte superior del tubo de ensayo quede la arcilla, casi pura, sin apenas impurezas. Se tomaron con un cuentagotas estas partes superiores y se colocaron en cuatro portaobjetos a los que se les aplicó calor posteriormente en una estufa a 40°C hasta la evaporación del agua, para que las muestras se fijaran a los portaobjetos, obteniendo así dos agregados orientados de cada muestra.

La identificación de los minerales arcillosos se realizó de acuerdo a sus picos de difracción de rayos X y, principalmente, teniendo en cuenta los



Fig. 6.- Preparación de la muestra ECOR con la maza y el mortero manual de ágata.

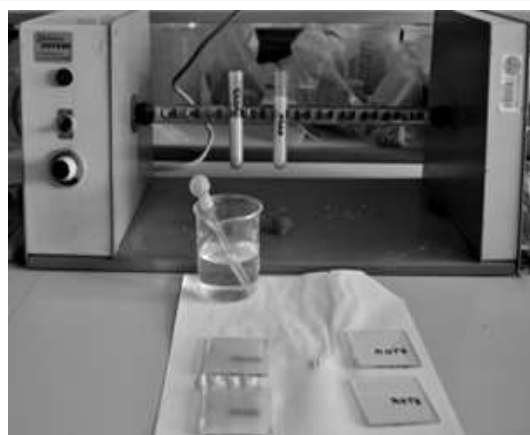


Fig. 7.- Preparación de los agregados orientados de ECOR y ETOR. En la figura se ven el agitador, las suspensiones colocadas en los tubos de ensayo, el cuentagotas utilizado, los portaobjetos y los agregados orientados de ECOR antes de haber sido calentados.

Tabla 2. Medidas de la difracción de arcillas en agregado orientado, con tratamiento de etilén-glicol y calentadas a 550°C (Moore y Reynolds, 1970).

	Agregado orientado normal (Å)	Agregado orientado + Etilén-glicol (Å)	Agregado orientado + 550°C (Å)
Caolinita	7	7	-
Illita	10	10	10
Esmectita	12-15	17	10
Vermiculita	14	14	10
Clorita	14	14	14
Sepiolita	12	12	10
Paligorskita	10,4	10,4	10

espaciados basales que se encuentran en la tabla 2.

Se llevaron a cabo tres difracciones:

1) Obtención de difractogramas de roca total de ECOR y ETOR. Se colocaron las muestras en portaobjetos para difracción (figura 8) y se realizó el proceso para conocer su composición mineralógica.

2) Obtención de difractogramas de AO (agregado orientados). Al estar las muestras preparadas en agregados orientados, se favorece la orientación de los minerales sobre su plano basal, potenciando la difracción de los espaciados basales distintivos de los diferentes minerales y la identificación de la especie de arcilla de cada muestra.

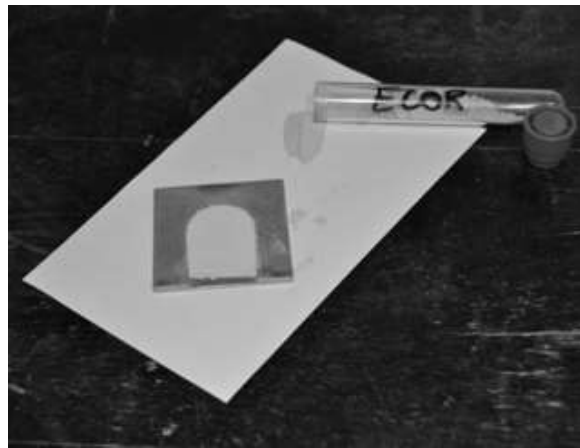


Fig. 8.- Muestra ECOR en el portaobjetos para la difracción de roca total.

3) Obtención de difractogramas de AO con tratamiento de etilenglicol. Se obtuvieron picos en los difractogramas de roca total que no esclarecían la identidad de las muestras, por lo que se les aplicó a un agregado orientado de cada una un tratamiento con etilén-glicol ($\text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2\text{OH}$) a 60°C durante unas aproximadas 12 horas. Si alguna de las muestras poseyera cationes hidratados en su interlámina, aumentaría este espacio y se obtendría en este segundo difractograma un pico mayor.

4) Obtención de difractogramas de AO calentados a 550°C durante 2 horas. Al calentar los otros dos agregados orientados, se consigue que el agua que pueda haber en la interlámina se evapore, disminuyendo la distancia y obteniendo un pico menor esta vez.

Con la aplicación de estos dos tratamientos, se pudieron identificar ambas muestras.

Tras realizar un estudio bibliográfico se determinaron como arcillas especiales de tipo absorbente. Una, por la composición de su interlámina (ECOR) y la otra por su estructura fibrosa con canales (ETOR).

Para poder determinar cuál de las dos daría mejores resultados como absorbente granular, se realizó un ensayo llamado “Test de Westinghouse” (Cabaleiro *et al.*, 2013). Para este ensayo se utilizaron las muestras ECOR y ETOR con el tamaño de grano que se había conseguido con la maza (sin haberse pulverizado en el mortero), eliminando la fracción inferior a 2 mm con la ayuda de un tamiz. El ensayo puede dividirse en tres fases: primero, se tomaron 20 gramos de cada muestra y se sumergieron en agua destilada durante 20 minutos. A continuación, una vez transcurrido ese tiempo, se colocaron en un segundo recipiente y se dejaron escurrir durante otros 20 minutos. Finalmente, se volvieron a pesar, comparando el incremento en masa de cada una de las muestras así como su textura final (figura 9).



Fig. 9.- Fases del test de Westinghosue. En la imagen superior se observan las muestras antes de sumergirse en agua y en la inferior, en la segunda fase, cuando ya habían absorbido el agua y estaban soltando la sobrante.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del estudio mineralógico de la muestra ECOR por difracción de rayos X se recogen en la figura 10 y tabla 3, y los de la muestra ETOR en la figura 11 y tabla 4. Por otra parte los resultados del Test de Westinghouse (figura 12) aparecen en la tabla 5.

Tabla 3. Resultados difracción de la muestra ECOR

Roca total	15 Å
AO	15 Å
AO-EG	17 Å
AO-550	10 Å

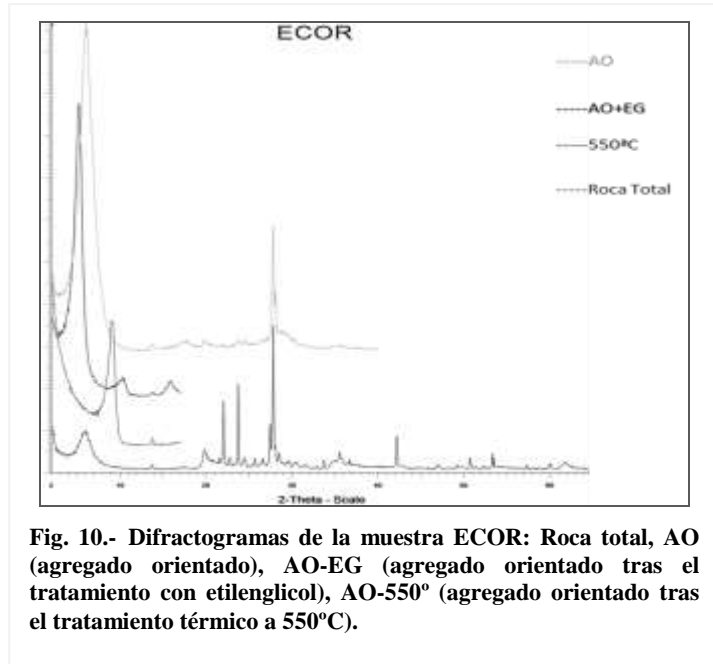


Fig. 10.- Difractogramas de la muestra ECOR: Roca total, AO (agregado orientado), AO-EG (agregado orientado tras el tratamiento con etilenglicol), AO-550° (agregado orientado tras el tratamiento térmico a 550°C).

Tabla 4. Resultados difracción de la muestra ETOR

Roca total	10,4 Å
AO	10,4 Å
AO-EG	10,4 Å
AO-550	10 Å

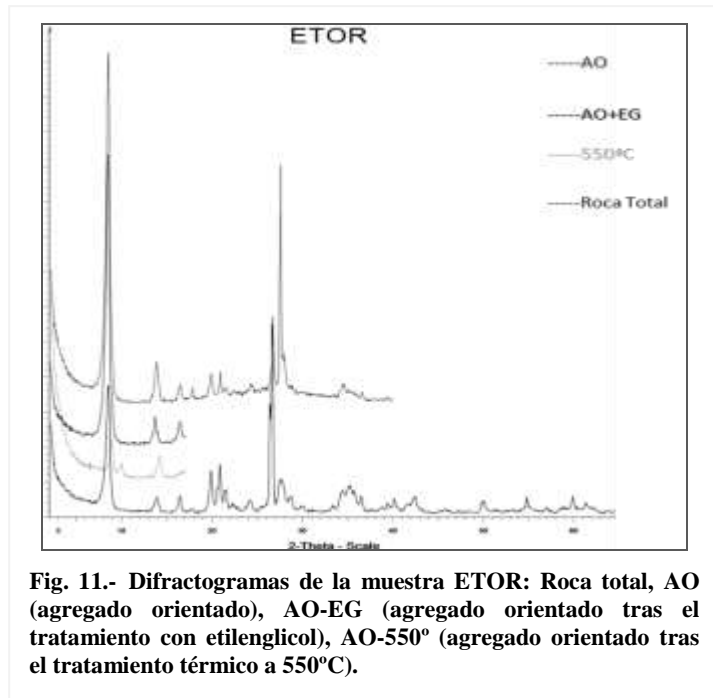


Fig. 11.- Difractogramas de la muestra ETOR: Roca total, AO (agregado orientado), AO-EG (agregado orientado tras el tratamiento con etilenglicol), AO-550° (agregado orientado tras el tratamiento térmico a 550°C).

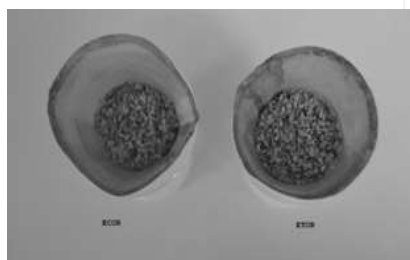


Fig. 12.- Apariencia de las muestras tras el test de Westinghouse.

Tabla 5. Resultados del test de Westinghouse

	Masa inicial (g)	Masa final (g)	Masa H ₂ O absorbida (g)	Porcentaje de H ₂ O absorbida
ECOR	20,08	37,29	17,21	85,7%
ETOR	20,36	37,01	16,65	81,8%

Identificación de las muestras

En primer lugar, se compararon los resultados obtenidos en los difractogramas correspondientes a las muestras sometidas a distintos tratamientos con los valores recogidos en la tabla 2 concretando lo siguiente:

– La muestra ECOR corresponde a una esmectita (tabla 6). Las esmectitas son arcillas especiales de estructura laminar, con cationes hidratados en su interlámina, por lo que al aplicar el tratamiento con etilenglicol, aumentó ese grosor de la interlámina y se obtuvo un pico más alto (de 15Å, pasó a 17Å). Por la misma razón, sin embargo, al calentar la muestra a 550°C, esa agua se evaporó, disminuyendo la distancia y obteniéndose un pico bastante menor (10Å). La gráfica del difractograma de roca total también demostró la presencia de impurezas de feldespatos, así como que la muestra ECOR es una arcilla de estructura dioctaédrica (pico de 1,49Å).

– La muestra ETOR corresponde a una palygorskita (tabla 7). Las palygorskitas son arcillas especiales de estructura fibrosa; es decir, posee canales “vacíos”. Debido a su estructura, se obtuvo en la primera difracción (difractograma AO) un pico de 10,40Å que no se movió con el tratamiento de etilenglicol y que bajó a 10Å una vez calentado a 550°C. Otros picos del difractograma de roca total mostraban impurezas de cuarzo, con picos muy acusados (3,34Å). El pico de 1,51Å nos dice que se trata de una arcilla de estructura trioctaédrica.

Tabla 6. Fórmula molecular de la esmectita ECOR (Martín Puig, 2010) en comparación con la fórmula ideal de las esmectitas dioctaédricas aluminicas (Linares et al, 1993).

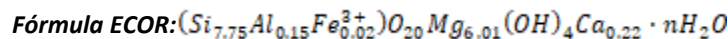
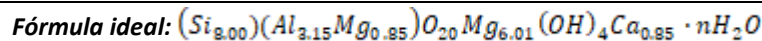
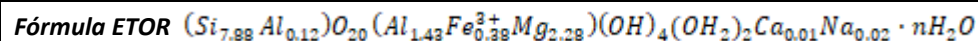
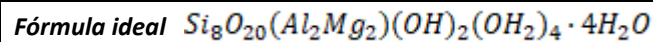


Tabla 7 Fórmula molecular de la palygorskita ETOR (García Rivas, 2014) en comparación con la fórmula ideal de palygorskita (Drits y Aleksandrova, 1966; citados en García Rivas, 2014).



Posibles aplicaciones industriales

Ambas muestras son arcillas especiales con múltiples usos comerciales, y ambas tienen capacidad absorbente ya que pueden absorber agua u otras moléculas en el espacio interlaminar (esmectitas) o en los canales estructurales (palygorskita).

La palygorskita y la esmectita tienen propiedades físico-químicas comunes: una elevada superficie específica y una superficie externa similar. La capacidad de absorción está directamente relacionada con las características texturales (superficie específica y porosidad). Ya que los valores de su superficie externa son parecidos, podemos intuir que su capacidad absorbente será también muy parecida. Conociendo su superficie específica podemos afirmar, previamente al ensayo, que esta capacidad absorbente será muy elevada; es decir, que aumentarán su peso notablemente.

Efectivamente, nuestras ideas se confirman tras el test de Westinghouse. Aunque numéricamente la esmectita absorba más disolvente que la palygorskita (tabla 8), la primera queda

Tabla 8: Relación entre la superficie específica, superficie externa y superficie ocupada por microporos y la capacidad de absorción de la esmectita (ECOR).

	Esmectita	Palygorskita
Superficie específica (m ²)	75	110
Superficie externa (m ²)	52	50
Microporos (m ²)	25	58
Capacidad de absorción	85,7%	81,8%

con una textura reblandecida, algo viscosa, tras haberse humedecido. Sin embargo, la muestra ETOR se mantiene con una textura práctica en cuanto a su manipulación. Por lo tanto, será mucho más rentable la explotación y comercialización de la palygorskita ETOR, pudiendo tener los usos recogidos en la tabla 1.

REFERENCIAS

- Cabaleiro, Y., Velázquez, M., Huertemendía, M., Martín, D., Hidalgo, E., Estrada, J.M. y Puente, D. (2013). Metodología para la caracterización física de minerales arcillosos. *V Simposio Minería y Metalurgia (MINIMETAL) y V Convención cubana de Ciencias de la Tierra, Geociencias*. La Habana, 1 al 5 de abril de 2013
- Carrero Funez, A.M. (2011). Síntesis, caracterización y propiedades de híbridos superabsorbentes de poliacrilato sódico y hectoritas natural y tratadas. *Tesis doctoral*. Univ. Castilla-La Mancha. 155pp.
- García Rivas, J. (2014) Estudio cristalquímico de arcillas magnésicas de la Cuenca del Tajo. *Máster en Ciencias de la Tierra: Geología Ambiental y Aplicada*. Universidad de Salamanca. 42pp.
- García, E. y Suárez, M. (2001) *Las arcillas: propiedades y usos*. [en línea] <file:///C:/Users/JoseManuel/Mercedes/Usal%20arcillas.PDF> [consulta: 11/12/14]
- García-Romero, E. (2012). Bentonitas del sureste de la Península Ibérica. *Workshop*. Ed. Sociedad Española de Arcillas. 48 pp.
- García-Romero, E. y Suárez, M. (2010) On the chemical composition of sepiolite and palygorskite. *Clays and Clay Minerals*, Vol. 58, No. 1: 1-20.
- García-Romero, E. y Suárez, M. (2013). Sepiolite–palygorskite: Textural study and genetic considerations. *Applied Clay Science*, 86: 129-144.
- García-Romero, E., Suárez, M., Oyarzun, R., López-García, J.A. y Regueiro, M. (2006). Faulthosted palygorskite from the Serrata de Níjar deformation zone (SE Spain). *Clays and Clay Minerals*, 54: 324-332
- Martín Puig, B. (2010). Estudio comparativo de bentonitas: cristalografía, propiedades de superficie y geotécnicas. *Proyecto fin de carrera Ingeniero Geólogo*. Universidad de Salamanca. 213pp.
- Moore, D.M. y Reynolds, R.C. (1970). *X-Ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals*. Oxford University Press, New York. 385pp.
- Murray, H.H. (1999). Applied clay mineralogy today and tomorrow. *Clay Minerals*, 34: 39-49
- Nagaraj, H.B., Sridharan, A y Mallikarjuna H.M. (2012). Re-examination of Undrained Strength at Atterberg Limits Water Contents. *Geotechnical and Geological Engineering*, 30 (4): 727-736
- Rubio Navas, J. (dir.) (2007). *Libro blanco de la minería de Aragón*. Gobierno de Aragón y Ministerio de Educación y Ciencia. 581pp.
- Tuesta, E. G. y Vásquez, Y. H. (2013). Aplicación de la técnica de difracción de rayos X (drx) en la industria minera. *Tecnología Minera*, 41: 210-214 [en línea] <http://www.tecnologiaminera.com/tm/biblioteca/pdfart/131220073756_APLICACION.pdf> [consulta 10/01/15]

ADHD: NEUROBIOLOGICAL BASIS AND SOCIAL ASPECTS

TDAH: Bases neurobiológicas y aspectos sociales

M^a del Rocío García Corral¹ y Paula Sánchez Hernández²

IES Lucía de Medrano. Centro. Av. de Filiberto Villalobos, 97-117, 37007 Salamanca.

¹. rogarco1@gmail.com. ². paulitasanchezh@gmail.com

RESUMEN: El TDAH (trastorno de déficit de atención e hiperactividad) es un tipo de defunción neurológica que comienza a manifestarse durante los primeros años de infancia la, debido a posibles alteraciones en distintas áreas cerebrales. Dependiendo del área afectada, se desarrollará un subtipo de TDAH u otro. Esta enfermedad mental tiene grandes consecuencias sociales, como el bajo rendimiento escolar, aislamiento y baja autoestima. Existen varios tipos de tratamientos, entre ellos el tratamiento farmacológico o el neurofeedback (tipo de terapia relativamente nueva).

Palabras clave: Hiperactividad, rendimiento escolar, autoestima y neurofeedback.

ABSTRACT: ADHD (Attention Deficit Hyperactivity Disorder) is a neurological dysfunction that begins to manifest itself during the first years of childhood, due to possible alterations in different areas of the brain. Different ADHD subtypes will develop, depending on the area that is affected. This mental illness has great social consequences, such as low school performance, isolation and low self-esteem. There are several types of treatments, including pharmacological treatment or neurofeedback (relatively new kind of therapy).

Key-words: Hyperactivity, school performance, self-esteem y neurofeedback.

MERIDIES, 17-21 (2018): 81-90.

ISSN (versión impresa): 1137-8794

INTRODUCCIÓN

The chosen topic is based on adolescence-focused psychoeducation that will serve as an object of study for mental illnesses, as well as the neurobiological analysis of said mental illness, specifically ADHD (affected brain areas and, in consequence, different subtypes depending on the area that's damaged) and its therapeutic treatment. We will also study both its background and history, as well as possible visible behaviour patterns.

We will carry out a study of the different mental disorders that are present in childhood and adolescence, especially behavioural disorders.

Mental disorders can affect the teenager very seriously, and not just because of the actual disease, but because they are affected by it, so they will also have to deal with the emotional consequences that may come with the disorder and learn how to overcome their adversities. This task relies heavily on different types of therapies that will be mentioned within this article.

History of ADHD

Focusing on the ADHD disorder, this term first appears at the beginning of the twentieth century. This disorder has been researched since then. The possible causes of the disorder have been analysed every day since it was first discovered. The cases of ADHD have been dramatically decreased since the first study thanks to the new psychological research techniques. Attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) is defined in DSM-IV (first appeared in DSM-II in 1968) as an insistent pattern of inattention and / or impulsivity or inhibition, which is more frequent and severe than those usually observed in individuals of a similar level of development.

It occurs between 4 and 9% of the population in childhood, and at least 50-80% maintain the disorder throughout their adolescence.

MOST COMMON DISORDERS IN THE ADOLESCENCE

The most common psychological disorder in the world today is, no doubt, depression. The problems of lack of economic resources and the increasing social demands to keep up with "modern" life, coupled with loneliness and frequent difficulties in establishing lasting and rewarding affective relationships are some of the causes of depressive disorder.

Following up, we have behavioural and depressive disorders.

Behavioural disorders.

Kazdin (1995) defines them as "a pattern of behaviour, persistent over time that affects the rights of others and violates age-appropriate norms".

The international classifications (DSM and CIE) distinguish between four disorders within the category of behaviour, which, from a lesser to greater seriousness, can be ordered as followed: ADHD, antisocial behaviour in childhood or adolescence, oppositional defiant disorder and disocial disorder.

First investigations of ADHD.

The first definition of Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) first came up with the British pediatrician George Still in 1902. In 1968, ADHD appears for the first time in DSM-II and is currently defined in DSM-V as a "persistent pattern of inattention and/or hyperactivity-impulsivity that interferes with functioning or development." Surveys show that ADHD affects in most cultures in about 5% of children and 2.5% of adults.

Comorbidity and diagnosis of ADHD.

ADHD is characterized by inattention, impulsivity and hyperactivity.

□ Attention deficit: It consists on the difficulty of focusing on something for a long period of time.

□ Hyperactivity: We can talk about hyperactivity when the activity that is being performed does not have a purpose. Often this involves the abandonment of your seat or constant movement of hands and feet.

□ Impulsivity: It's manifested by an excessive speed in the processing of the information and in the emission of the answer, before having gathered enough information. They are impatient teenagers, and sometimes they answer before the questions are completely formulated.

In order to diagnose it, DSM-V supports that six or more symptoms of inattention must be present for six months (disorganization, deviation in tasks, difficulty in maintaining attention...) and six or more symptoms of hyperactivity-impulsivity must also be present during a period of six months (excessive motor activity, blows, hurried actions, etc.). These symptoms must have appeared before the age of 12 and in two contexts at least. In addition, there must be evidences that these symptoms interfere with academic, work or social activity and that they are not related to any other kind of disorder.

The diagnosis of ADHD goes through different phases. The first symptoms would have to be detected by the parent or legal guardian, who, depending on the degree of development of the

disorder (has the patient failed their exams or are they unable to sit for more than two minutes during meals?), will decide to go to a professional.

Generally, patients will have to perform an intelligence test and answer other questionnaires to assess performance.

ADHD also presents a high rate of comorbidity. It often coincides with behavioral disorders, dissociative disorders, oppositional defiant disorders, anxiety disorders and specific learning disorders, among others.

The possible causes of ADHD are mainly three: brain injuries of different types or abnormalities in brain development, decreased activity in certain brain regions as a result of deficiency in certain chemicals that help the brain control behaviour or genetic influence.

Thus, based on the patterns of symptoms, comorbidity and risk factors, there was a hesitation between placing ADHD between disruptive disorders, control of impulses and behavior disorders or between neurodevelopmental disorders. Finally, the neurological studies performed, which will be discussed in the following sections, favored the position of ADHD within neurodevelopmental disorders.

Types of ADHD.

A. Attention Deficit Hyperactivity Disorder, with predominance of attention deficit (ADHD/I): the central deficit in these cases is the slow processing of information. They are often hypoactive and have limited social knowledge, but they do not show problems of emotional control. In these cases, it is less frequent that they present Oppositional Defiant Disorder in the long run. Currently, there are few diagnoses of this type, and it is superior in the female sex.

B. Attention Deficit Hyperactivity Disorder, with predominance of hyperactive/impulsive (ADHD/H-I): It is more common in preschool children, in many cases being the precursor of the combined subtype. More men are diagnosed with this symptomatology and social problems are more abundant. In addition, as impulsivity is a predominant symptom, they are more likely to manifest aggressive behaviors.

C. Attention Deficit Hyperactivity Disorder, combined subtype (ADHD/C): It is the subtype that presents greater severity, affecting behavior and learning simultaneously. The academic results of these students are very deficient and their social relationships are severely affected by emotional instability. In these cases, there is a greater likelihood of continuing with this disorder in adulthood and/or deriving into oppositional defiant disorder or dissocial disorder.

ADHD AS A NEURODEVELOPMENTAL DISORDER

From the neuropsychological point of view, ADHD would result from deficient development of basic perceptive abilities that would later be reflected in the variety of behavioral symptoms. Currently, there is multiple evidence, such as the studies mentioned below, that ADHD has a neurobiological origin, but the influence of the environment on the development, prognosis and evolution of the disorder is not excluded. Therefore, the causes of ADHD would be very varied and we could speak of it as a multietiological disorder. Within it, the neurobiological bases, the genetic bases and the influence of the environment would converge to a greater or lesser extent.

Neurobiological basis.

Structural studies of the brain.

The pioneer in studies through Nuclear Magnetic Resonances (NMR) was Xavier Castellanos, who discovered that global brain volume is 3% smaller in patients diagnosed ADHD when

compared to healthy brains. Subsequently, 7 of 12 studies have shown that total brain volume in patients with ADHD (around 19 years of age), in particular the right hemisphere, is between 3% and 5% smaller than those used as a reference.

Having analyzed the variation in brain size, it is necessary to specify which brain areas were most affected.

In relation to the prefrontal cortex, in charge of maintaining attention and organization, realization and finalization of activities, decreased volumes were found in patients diagnosed with ADHD.

On the other hand, changes in volume have also been reported in the corpus callosum, responsible for the transmission of interhemispheric information. Besides, patients who show higher scores on impulsivity and hyperactivity scales are those who have the rostral area of the corpus callosum smaller.

In addition, numerous structural neuroimaging studies in ADHD patients revealed a gray matter deficit in the frontal lobes, the basal ganglia, and the cerebellum.

Finally, studies were carried out on the thickness of the cerebral cortex, emphasizing in this field Philip Shaw. Shaw found a reduction in the thickness of the cerebral cortex, equivalent to about 2 years of maturation and predominantly in the anterior regions of the brain. This circumstance was maintained over time and with certain prognostic value.

Functional studies of the brain.

To carry out functional studies, PET (Positron Emission Tomography), SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography), fMRI (Functional Magnetic Resonance Imaging) and Magnetoencephalography (MEG) are used.

Thanks to PET studies, it was concluded that there were differences with respect to sex, becoming a variable that should be taken into account, along with others such as medication.

These studies also revealed a decrease in glucose metabolism in the frontal lobe of adolescents without altering the overall metabolism. While in adults with ADHD beginning in infancy, there has been evidence of both regional and global hypometabolism.

Studies with SPECT show abnormalities in the blood flow of children with ADHD, too.

Genetic basis: heredity.

The gene is the organism's storage unit of information, which is transmitted to the offspring by the chromosomes. Therefore, we are who we are thanks to our genes inherited from our parents.

The first studies that were analyzed the possibility that ADHD has a genetic origin were those made in relatives and twins. It was observed that the risk of suffering from the disorder increased when there was an affected family member. Then, to clarify the question of whether the main factor are the genes or the environment, adoption studies were carried out that controlled the environmental variable, clarifying the role of the genes.

Thus, the risk calculated for a child suffering from the disorder if one of the parents suffers from it is around 60-90% (Brookes, K.J. y cols. 2006; Waldman, I. y Gizer, I. 2006) versus the general population.

In the latter, surveys suggest that ADHD occurs in most cultures in approximately 5% of children. In a meta-analysis performed by Biederman, the heritability of ADHD was estimated to be 75%.

Subsequently, attention was focused on the location of the genes involved. This choice is made upon the knowledge of the biology of the disorder, neurotransmission pathways related to the pathophysiology of the disorder, neural receptors related to ADHD, the mechanism of action of the drugs that have demonstrated utility or risks associated comorbidity.

In conclusion, the genes that were associated with an increase in risk of ADHD were those belonging to the signaling pathways of the neurotransmitters dopamine, serotonin and noradrenaline.

Endophenotypes and Brodmann areas.

In order to be able to perform a much more specific treatment, 7 different endophenotypes will be analyzed. Endophenotypes (intermediate phenotypes) are objective, hereditary, quantitative traits that are presumed to imply genetic risk for polygenic disorders at the most biologically manageable levels versus clinical phenotypes. In relation to ADHD, there are 7 endophenotypes, differentiated mainly by the symptoms and the areas of Brodmann that they affect.

The areas of Brodmann are regions of the cerebral cortex that differentiate each other by the type of cells they present. They were defined in primates, initially by Korbinian Brodmann, who numbered them from 1 to 52 in its publication of 1909.

Over the last hundred years, clinical and neuropsychological discoveries have shown that these structural differences are intimately related to the specialization of cortical functions. Therefore, the areas of Brodmann are much differentiated and can be classified according to the type of functions they relate to: motor, sensory, auditory, visual, olfactory, language, memory, attention, executive, emotional, pain or others.

Referring to ADHD, it would have to be taken into account its main diagnostic characteristics: attention deficit, hyperactivity and impulsivity. Consequently, Brodmann's areas of interest for this type of disorder would be those related to motor and attention functions, as well as memory, executive or language.

It should also be considered that there are three main types of ADHD: with predominance of attention deficit, with predominance of hyperactive/impulsive and combined subtype. In each of them, there could be different areas of Brodmann affected.

Taking all these aspects into account, there would be a broad variety of possibilities and numerous differences between the subtypes of the disorder.

ADHD: TREATMENTS AND SOCIAL ASPECTS

Why does ADHD affect teenagers the most?

Adolescence is a period of transition.

Adolescence is characterized by the period of time in which the young person tries to find their own identity, trying new things and experiencing new situations. However, some confusion regarding identity is normal. Nevertheless, a prolonged identity crisis may lead to the development of a disorder.

Different therapies and treatments.

The purpose of therapy and treatment in chronic disorders, such as ADHD, is to enable the coexistence between the patient and the society around him.

Treatments may focus on the pharmacological or therapeutic aspect.

A. Pharmacological treatment.

Mainly, psychotropic drugs used in both ADHD and other disorders, such as affective or anxious disorders in childhood, are stimulants. More than 160 controlled pharmacological tests indicate that stimulants produce a strong reduction in the typical symptoms of ADHD in more than 70% of schoolchildren affected.

The most widely used are metMerudate (Ritalin), dextroamphetamine (Dexedrin) and magnesium pemoline (Cylert). The latter is different and less potent than the first two in structure, but its effectiveness in ADHD is similar. Another more recent option is dl-amphetamine (Adderall). Psychotropic drugs are sometimes combined to reduce rebound phenomenon, but neither the effectiveness nor the adverse effects are very well known. The main objective of stimulants or sympathomimetics is to modify the synaptic disbalance.

Among antipsychotics, for children with ADHD and low response to other products, thioridazine has long been used, but it is less effective than stimulants.

Finally, treatments with antidepressants have also been carried out, being the most used Bupropion, from the aminoketone family.

The use of these drugs can be dangerous because of possible misdiagnosis (Of all ADHD diagnosed, 30% of them are misdiagnosed). In some cases, ADHD is a secondary disorder of a major disease, and when confused as the main disorder, drugs will not be prescribed accordingly.

B. Psychotherapy.

There are different kinds of therapies, including:

Psychoanalytic and psychodynamic therapy (brings unconscious conflicts to the surface through the interpretation of dreams and free association).

Cognitive – behavioral therapy (the patient works with the therapist to identify and change dysfunctional thinking patterns. Once the problem is detected and analysed, different cognitive-behavioural techniques are used, such as social skills training, problem solving techniques or cognitive restructuring).

Gestalt therapy (experiential and creative techniques to improve self-awareness and freedom in the patient).

Psychopedagogic treatment (aimed to improve the teenager's academic abilities and behaviour while studying, this treatment also intends to establish a habit of study for the teenager who does not have it).

C. Neurofeedback.

In the last years, several studies have been carried out, which will be discussed below, interested in determining the usefulness of the electroencephalogram (EEG) in the detection and diagnosis of children with this disorder. This interest is based on several factors: the development experienced by neurosciences, digital technology and, specifically, neurofeedback research as a therapeutic alternative for this disorder. Several studies have suggested that neurofeedback may be a treatment that helps to improve some of the symptoms of ADHD.

Dr. Joel Lubar of Tenesse University analyzed the QEEG results of 109 volunteers with ADHD concluding that "excessive theta wave activity and a lack of beta wave activity was the main neurological symptom of ADHD".

The interest in EEG assessment in the diagnosis of ADHD has its starting point in studies that consider an abnormal EEG in people with this disorder (Cornelio-Nieto, Borbolla-Salas, & Gallegos-Dimas, 2011), as the one just mentioned and in those investigations that have tried to identify a specific electroencephalographic profile in individuals with ADHD (Silver, 2004).

In this sense, Mann, Lubar, Zimmerman and Miller (1992) affirm that the digital EEG could detect, with 80% accuracy, people with this disorder. Years later, Mendez, Flores, Solis and Elías (2000), add that this type of EEG is useful to ensure a more reliable diagnosis of ADHD compared to conventional, allowing differential diagnosis with other clinical entities that could mask a picture of ADHD, such as non-convulsive epilepsies. This set of studies, along with several others, ended up identifying a clear relationship between EEG and ADHD, making them an effective method to diagnose the disorder that, due to its comorbidity, is difficult to identify.

Thus, neurofeedback is very effective, not only in ADHD treatment, but also in the treatment of numerous diseases related to the adequacy of brain waves.

Although this cannot be a unique treatment, due to the influence of other factors, such as the social context, it does help in managing the disease reflecting very good results.

D. The use of APPs.

There is a new alternative to traditional treatment, the virtual treatment, whose purpose is the cognitive development of different skills located in parts of the brain that may be damaged.

ADHD is a behavioural disorder that affects three basic skills: attention, memory and logic. If one of them fails, it would produce a chain reaction, causing the three abilities to cancel themselves out.

Attention is the skill that allows people to look at details and retain information. If this does not work correctly, it will inhibit the memory, since it will not be able to focus on something specifically and remember it.

Memory is possibly the most important feature of the human being, since a person would not be able to live without having previous references and knowledge to lean on in a new situation. Memory stores and organizes knowledge in a way that is accessible in situations where it may be needed.

The last skill, reason or logic, cannot be given without memory, since it works from those experiences and knowledge organized and stored in the memory. For this reason, it is not able to operate, since it is not able to relate concepts, and would not understand the elements from the outside.

Therefore, it is important to work on these skills.

□ Skills related to ADHD.

A. Attention: Focusing attention causes the brain to produce chemicals that strengthen learning and memory. This is one of the ways the brain keeps track of what is important and forget about what is not.

B. Memory: When memory fails, it is not because it suddenly forgot how to remember, but because the brain is not clearly processing what it sees and hears. This can be a consequence of poor attention. An improvement in attention will mean an improvement in attention.

C. Speed: Brain speed processes events in the environment with certain efficiency, but it also affects memory.

D. Perception: This course is designed to improve concentration and expand sensory perception so that it is easier to process information.

Impact on the family.

A. Coping mechanisms for parents.

Having a kid with ADHD is stressful as these children need more control and supervision. In addition, their behaviour can be annoying or challenging. Having a child with this disorder generates - even in the most competent parents - feelings of personal ineffectiveness, stress, frustration, anger and rejection that negatively affect the interaction with their children.

The first thing parents should do is identify the situations that cause them stress, rather than focusing on their consequences (fatigue, depression, headaches). When events cannot be avoided, parents should seek a series of techniques and exercises that are quite useful, or specialists to guide them along the way.

B. The role of the family.

An appropriate support from the family is essential for the recovery of the adolescent. The difficulties presented by teenagers with ADHD will increase or decrease depending on the characteristics of the family context; They respond better in a structured and predictable environment, where the rules are clear and consistent, and the consequences are established in advance and enforced immediately.

Among many educational guidelines, it could be summarized as:

- Establishment of clear and well-defined standards.
- Appropriate requirements, adapted to the extent of their possibilities.
- Search for an orderly, structured, organized, serene, relaxing and warm environment.

School intervention.

Chronic diseases can cause problems in school, including trying to avoid attending school, which can increase loneliness. It is important that the parents help the child and adolescent keep a routine which is as normal as possible.

It is important to emphasize the relevant role of the teaching staff that directly affects the students' training process because, not only does it develop a role in the learning process, but also contributes to the normalization of their school life.

Not only they have to focus on the formative level; they must also promote the full development of the student and promote their integration, both in the centre and in the classroom, as well as in their social environment. When it comes to controlling the behaviour of ADHD children, it is crucial that the teachers adopt positive attitudes and design a teaching process. They must provide well-structured activities, in accordance with the skills and limitations that these students display.

Methodology to impart classes.

- How to give instructions: Instructions will be given one by one and these will be concrete, short and in positive language.

- How to explain the academic contents: It is advisable that the explanations of the teacher are motivating and dynamic, so that they allow a frequent participation by the student.

- Assignment of duties and tasks: it is important that the tasks have a simple and clear format, and that they are allocated in a fair amount. In the case of long activities, it would be useful to fragment them.

Work environment.

In order to minimize distracting stimuli, a child with ADHD will benefit when his or her seat is placed near the teacher, away from murals, windows or other decorative elements.

Because the teacher of an ADHD kid is a key pillar in ADHD intervention, it is important that he / she knows and believes in the possibilities of their student, look for alternatives to adapt to their specific needs and thus collaborate in the development of their maximum potential.

It is the teacher's job to also be able to help the child or teenager with ADHD to organize and plan their homework.

CONCLUSIONS

ADHD is a type of illness that affects different cognitive areas, such as attention, hyperactivity or impulsivity.

We must try to find a middle point, where the teenager feels comfortable with himself and understood, avoiding feelings of self-guilt and rejection, caused by misunderstandings.

There are different types of treatment, from different points of view, depending on the theory it is based on.

Neurofeedback, a relatively new type of treatment, could be a breakthrough in psychology, since it would involve the treatment of mental disorders from a neurological point of view, based on the different altered or deteriorated brain areas, depending on each disorder.

ACKNOWLEDGMENTS

Thanks to our tutors, D. Fernando Martínez Llorca, Sonia Pérez Vegas and D. Ángel Hernández Gómez, for their constant help and support. We would have never got this far if it weren't for you, and we will always be extremely thankful. It's been a pleasure.

Thank you to the IES Lucía de Medrano for giving us the opportunity to compose the final project that this article is based on.

Finally, thank you to our friends and family, who will always love us no matter what and always believed in what we were capable of.

REFERENCES

- American Psychiatric Association. (2013). *Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales*. Editorial Médica panamericana.
- Biederman, J. y Faraone SV., 2005; Skounti, M. y cols., 2007, López-Muñoz P. y cols., 2008, Hynd, G.W. y cols., 1991; Giedd, J.N.y cols., 1994, Swan et al 2011. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Consejo Escolar del Estado. (2012). La investigación sobre el cerebro y la mejora de la educación. *Revista del consejo escolar del Estado*.

- Herrero, R. G.-C.-I. (2006). *Family impact of children with Attention Deficit Disorder with hyperactivity combined subtype: effect of associated behavioral problems*. Mexico, University of Mexico.
- Mena Pujol, B. (2006). *The student with ADHD*. Adana Fundació. Barcelona, Spain.
- Rodríguez de la Cruz, R. (2010). *Guide for the Educational Attention of Students with Attention Deficit Disorder with Hyperactivity*. Service of Educational Programs and Attention to Diversity. Mérida, Spain.
- Servicio de Programas Educativos y Atención a la Diversidad. (s.f.). *Guía para la Atención Educativa del Alumnado con Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad*. Extremadura.
- Shaw, P. y. (2007). La investigación sobre el cerebro y la mejora de la educación. *Revista del Consejo Escolar del Estado*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte., 1(1).

RESPUESTAS EMOCIONALES ANTE CORTOS EMOTIVOS

Emotional answers face to emotive short films

María Ciudad¹, Clara Gómez² y Raquel Macías³

IES Vaguada de la Palma. Plaza de la Palma s/n 37007 Salamanca.

¹. mariaciudadm@gmail.com. ²claragomezr@gmail.com. ³ramacmal@gmail.com.

RESUMEN: Se sabe que las respuestas emocionales ante situaciones emotivas pueden cambiar mucho dependiendo de la personalidad de cada persona, pero creemos que también depende de la edad y el sexo. Para comprobarlo, hemos mostrado tres cortos emotivos a algunas personas. Nuestro objetivo era comparar la sensibilidad entre hombres y mujeres y entre las diferentes edades. Hemos recopilado toda la información en una tabla de datos guiándonos de unos rostros que representaban señales de tristeza. No nos sorprendimos mucho con los resultados porque ya sabíamos que las chicas eran más sensibles que los chicos pero si nos impactó que las personas mayores se emocionaban con más facilidad que las más jóvenes.

Palabras clave: Lágrima, emociones, sensibilidad, diferencias.

ABSTRACT: It's known that emotional answers faced with touching situations can change a lot depending on the personality of each individual, but we think it also depends on the age and sex. To prove it, we have shown three emotive short videos to some people. Our goal was to compare the sensitivity of men opposite to women and also the differences between ages. We have gathered all the information in a data table guiding ourselves by some faces which represented signs of sadness. We weren't shocked a lot by the results because we already thought that girls were more sensitive but it surprised us that old people were more emotional than young people.

Key-words: tear, emotions, sensitivity, differences.

MERIDIES, 17-21 (2018): 101-104.

ISSN (versión impresa): 1137-8794

INTRODUCCIÓN

Dentro de las respuestas emocionales más conocidas podemos encontrar la alegría, el aburrimiento, el sueño... pero nosotras en este trabajo, hemos decidido centrarnos en el sentimiento de tristeza. La tristeza es una de las emociones básicas del ser humano, se podría definir como un estado afectivo provocado por el decaimiento moral. Se dice que cuando hay una alteración de la afectividad, se produce un descenso del estado de ánimo, que puede incluir también pesimismo, desesperanza y disminución de la motivación. Se supone que la tristeza forma parte de los adolescentes debido a la inseguridad personal. Hay muchos momentos en los que podemos estar tristes como una despedida, una pérdida de un ser querido, suspender un examen o el simple hecho de ver una escena que nos transmita este sentimiento hasta, a veces, el punto de llorar. Muchas veces el sentimiento de tristeza aparece cuando nuestras expectativas no se ven cumplidas. Nos pareció un tema muy interesante para analizar contrastando las respuestas entre distintas personas y escogimos una situación, mostrar diferentes cortos, que desde nuestro punto de vista y con nuestro criterio al haberlo visto eran muy emotivos. Nuestro objetivo principal era sacar conclusiones respecto a la toma de datos, comparando las diferencias entre la susceptibilidad de las personas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para realizar este experimento, escogimos tres cortos, como ya hemos dicho, dos de ellos de corta duración (de tres a cinco minutos) y un tercero más largo (alrededor de veinte minutos). El primer vídeo (figura 1) trataba de una mujer siria que tras la guerra, se había quedado sola con sus bebés ya que su marido y su hijo se hallaban en paradero desconocido. Nos pareció que este vídeo podía provocar un sentimiento de empatía con la protagonista por su pérdida y con la vida de su país.

El segundo corto (figura 2) trataba de un niño pobre que se reían de él por sus zapatos rotos y lo único que quería era conseguir un par nuevo. Un día cuando estaba en el parque apareció otro chico sentado en un banco, pero éste parecía tener todo lo que quería y el protagonista del vídeo le envidiaba y quería ser como él. Al final, se intercambian los papeles y el niño pobre, ahora con todo lo que había deseado descubre que el otro chico era minusválido y se da cuenta de que no todo se basa en el dinero. Este corto además de enseñarnos esta lección, nos produce un sentimiento compasivo hacia los niños al darte cuenta que puede ser una situación real.

Por último, el tercer vídeo (figura 3) se inspiró en los años treinta debido al sufrimiento de las masas de gente por la gran depresión en Estados Unidos. La historia trata de un circo que viaja por el sur de Estados Unidos haciendo espectáculos. Un día aparece un chico que no tiene extremidades y el dueño del circo le dice lo increíble que es a su manera, pero este no lo acepta ya que piensa que se está burlando de él. Luego, recapacita y decide formar parte de este circo montando su propio número y destacando a su manera. Este vídeo nos enseñó a sacar el lado bueno de lo malo y aquí el sentimiento de tristeza se refleja otra vez en la compasión del protagonista o la culpabilidad de haber menospreciado alguna vez en tu vida a alguien por sus características físicas psíquicas



Fig. 1.- Fotograma del video 1: “Refugiada siria” <https://youtu.be/9H0WcchGIU8>.



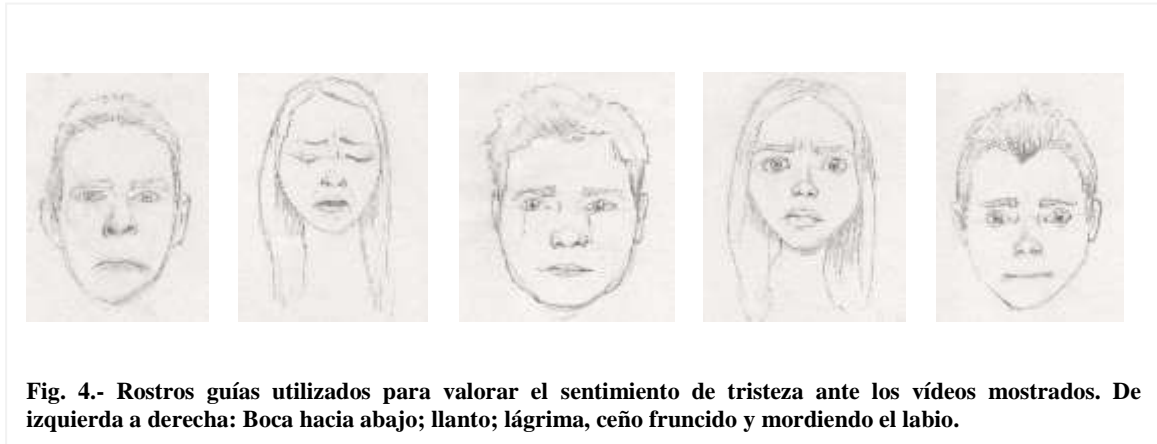
Fig. 2.- Fotograma del video 2: “El niño de los zapatos rotos” <https://youtu.be/EBVIVdRvzKE>.



Fig. 2.- Fotograma del video 3: “El circo de las mariposas” <https://youtu.be/looUBhyZtOs>

Comenzamos el experimento eligiendo a una muestra de diez personas pero posteriormente nos dimos cuenta de que eran muy pocos datos y no íbamos a obtener un resultado fiable así que ampliamos el número a treinta personas en total, quince de cada género. Estas quince personas de cada sexo, se dividían en tres categorías de cinco personas cada una. Estas categorías eran: la primera de 12 a 18 años, la segunda de 19 a 30 años y por último de 31 en adelante. Organizamos los grupos de esta manera, ya que nos pareció que eran edades cercanas y que tenían un grado de madurez similar.

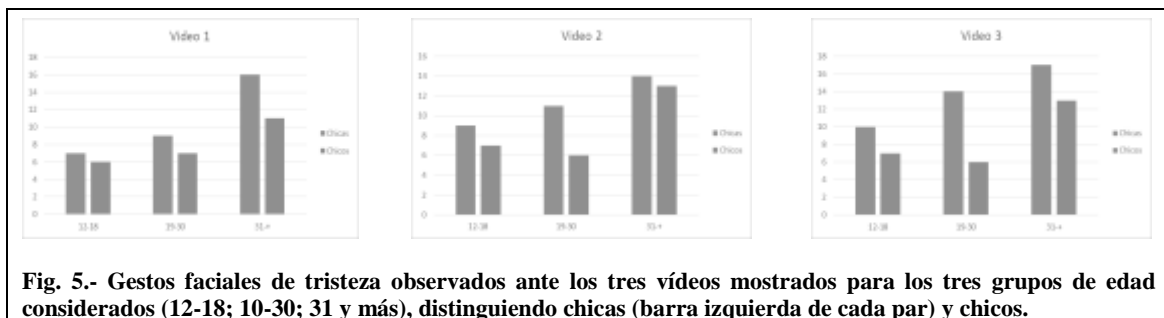
Para poder llevarlo a cabo, nos guiamos de unos rostros que remarcaban las diferentes expresiones de la cara que puede ocupar el sentimiento de tristeza, los denominamos rostros guía y le pedimos a una compañera de artes que los diseñara (figura 4).



Realizamos una tabla para recopilar los datos que íbamos recogiendo. Creamos un modelo de tabla que utilizamos para cada vídeo y para cada género. Estas tablas constaban de los rostros y las personas. El proceso de rellenar las tablas consistió en mostrar el vídeo en privado o pequeños grupos e íbamos indicando en las tablas interpretando si habían expresado esa emoción o no y rellenando la casilla simplemente con un sí o un no. Después de haber hecho este proceso contrastamos los datos en unas gráficas de cada vídeo y dividiéndolo según el sexo y la edad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tras finalizar la toma de datos, hemos podido contrastar los resultados de una forma muy visual mediante las gráficas que mostramos en la figura 5:



En general, las personas se han emocionado más con el vídeo 3 que con los dos anteriores. Estas gráficas representan el número de “síes” que aparecen en el margen izquierdo, es decir el número de veces que han expresado uno de los rostros. Las columnas azules representan a las mujeres y las naranjas a los hombres. Se puede observar que las azules llegan a un nivel mucho más alto que las naranjas. En el eje horizontal están indicados los grupos de edades y podemos observar (en el vídeo 1 sobretudo) que a medida que aumenta la edad también aumenta el número de “síes”.

Hemos sacado una serie de conclusiones con este proyecto:

1. Como desde un principio pensábamos, las chicas de 12 a 18 años son más sensibles que los chicos y tienden a emocionarse más con estos vídeos.

2. Ocurre lo mismo en el grupo de personas de 19-30 años, es decir, se obtiene una mayor reacción en las mujeres que en los hombres.

3. Algo que nos sorprendió fue que las personas mayores de 31 se emocionaron más al ver los videos de lo que imaginamos. Pensamos que esto ocurre porque son más maduros y han vivido muchas más experiencias con las que pueden relacionar los vídeos y se pueden sentir identificados.

AGRADECIMIENTOS

A Eva Ortíz (dibujante) y a Elena Montejo (profesora de inglés).

REFERENCIAS

- Alonso, Á. L., Molina, F. C. y Serrano, J. M. (2004). Neuropsicología de la percepción y la expresión facial de emociones. *Anales de Psicología*, 20(2), 241.
- Campos, A. y Sueiro, E. (1992). Diferencias individuales en la viveza de imagen de distintas emociones. *Revista de psicología general y aplicada: Revista de la Federación Española de Asociaciones de Psicología*, 45(3), 245-249.
- Eusebio, M. Á. S. (2007). Autopercepción de adaptación y tristeza en la adolescencia: La influencia del género. *Anales de Psicología*, 23(1), 41.
- Fitzgerald, O. S. y Mejía Constaín, B. E. (2007). Función social de las lágrimas: una indagación empírica sobre los tipos de llanto emocional. *Universitas Psychologica*, 6(2), 295-308.
- García, M. D. y Siverio, M. Á. (2005). La tristeza en niños, adolescentes y adultos: un análisis comparativo. *Infancia y aprendizaje*, 28(4), 453-469.
- Maldonado, L. (2007). Las lágrimas: ese misterioso país.
- Martínez, A. C. (2014). Tristeza, depresión y estrategias de autorregulación en niños. *Tesis Psicológica*, 2(1), 35-47.
- Vingerhoets, A. J. y Bylsma, L. M. (2015). The riddle of human emotional crying: A challenge for emotion researchers. *Emotion Review*, 1754073915586226.

INFLUENCIA DE LOS FACTORES AMBIENTALES EN LA CINÉTICA DE CRECIMIENTO DE LAS LEVADURAS

Influence of environmental factors in kinetics of yeast's growth

Blanca Fernández Galán, Manuel Palenzuela Merino, Mario Sánchez Alonso, Mario Sánchez Manchado, Alicia Vázquez de Luis, Stefania Tabuc, Carlos Salamanca Núñez*, Piedad Gallego Noguera^{1*}

IES Francisco Salinas. C/ Julita Ramos s/n. 37004 Salamanca.

¹ pigalno@gmail.com

*Profesores coordinadores.

RESUMEN: *En el presente estudio se evaluó la influencia de la temperatura, la acidez y la concentración de glucosa en el crecimiento de la levadura Saccharomyces cerevisiae. Para estudiar el efecto de la temperatura, las levaduras se incubaron en medio líquido a 60°C, 30°C, 20°C y 4°C con una concentración de glucosa al 1%. Dentro de estas condiciones la mejor respuesta se observó en los cultivos incubados a 30°C. Usando estas condiciones se determinó el efecto de los cambios en el pH del medio de cultivo. Se mantuvieron los cultivos en pH ácido y neutro consiguiendo un mayor crecimiento cuando las levaduras estaban en un medio neutro. Valoramos la influencia de los nutrientes aumentando la concentración de glucosa al 10% a 30°C. En este caso apenas se observó crecimiento de levaduras. En todos los casos, la curva de crecimiento se calculó midiendo la absorbancia de los distintos cultivos a diferentes tiempos en un espectrofotómetro a 600 nm. Podemos concluir que, en nuestro estudio, las condiciones óptimas de crecimiento de la levadura Saccharomyces cerevisiae se dan cuando se hace crecer a 30°C en un medio con pH comprendido entre 6 y 7 y una concentración de glucosa del 1% tanto en luz como en oscuridad. Sin embargo Schizosaccharomyces japonicus sólo crece en presencia de luz.*

Palabras clave: *Levadura, crecimiento, temperatura, estrés osmótico, pH*

ABSTRACT: *In the present study has been evaluated the temperature, acidity and the glucose concentration's influence in the Saccharomyces cerevisiae yeast's growth. To study the temperature's effect, the yeasts had been incubated in a liquid medium at 60°C, 30°C, 20°C and 4°C with a 1% of glucose concentration. Under these conditions the best response was observed in the culture incubated at 30°C. Using these conditions the changes in the pH of the culture medium were determined. The cultures were maintained at acidic and neutral pH, achieving a higher growth when the yeasts were in a neutral medium. We value the influence of the nutrients increasing the glucose concentration to a 10% at 30°C. In this case the yeast's growth wasn't even noticed. In all the cases, the growth curve was calculated measuring the absorbance of the different cultures at different moments in a spectrophotometer at 600 nm. We can conclude that, in our study, the optimal growth conditions of yeast Saccharomyces cerevisiae occur when grown at 30 ° C in a medium with a pH between 6 and 7 and a glucose concentration of 1% both in light and darkness. However Schizosaccharomyces japonicus only grows in the presence of light.*

Key-words: *Yeast, growth, temperature, osmotic stress, pH*

MERIDIES, 17-21 (2018): 105-110.

ISSN (versión impresa): 1137-8794

INTRODUCCIÓN

Las levaduras son hongos unicelulares pertenecientes al grupo de los ascomicetos. Las células de las levaduras son redondas u ovales, miden entre 3 y 30 micrómetros de diámetro.

Son eucariotas tienen su material genético en el interior de un núcleo, no libre en el citoplasma. Están rodeadas por una pared celular (Feldman, 2005) (Fig. 1).

Generalmente se reproducen de forma asexual por gemación pero también se conoce un proceso de conjugación o reproducción sexual. A consecuencia de esto, la levadura puede existir en estado haploide o diploide. La gemación es una mitosis asimétrica, una yema surge de la célula madre cuando se dan las condiciones adecuadas, después la yema se separa de la madre al alcanzar un tamaño adulto (Fig. 2).

Las levaduras son organismos heterótrofos (solo pueden alimentarse de materia orgánica ya formada). Se pueden encontrar en casi todos los hábitats naturales que contengan azúcares, incluyendo flores, frutos, suelo, agua, etc.

Son importantes por su capacidad para realizar la degradación de azúcares (con el fin de obtener energía) mediante fermentación predominantemente alcohólica.

La levadura más conocida es *Saccharomyces cerevisiae*. Es muy utilizada en la industria e investigación porque es barata, cultivarla es sencillo y se reproduce rápidamente.

Durante años, se ha usado *S. cerevisiae* para la elaboración de vino, cerveza y pan. Estos procesos se producen debido a la metabolización de los azúcares (fundamentalmente glucosa, fructosa, sacarosa) para generar dióxido de carbono y alcohol etílico o etanol durante la fermentación alcohólica. El CO₂ es un gas que provoca que la masa del pan suba mientras que el etanol es el origen de las bebidas alcohólicas. También se utiliza en investigación principalmente destinada a aplicaciones industriales y médicas. En 1980 fue utilizada para la producción de la vacuna de hepatitis B y en 1996 se convirtió primer organismo eucariota cuyo genoma fue secuenciado y actualmente es el genoma eucariota mejor conocido (Feldman, 2005).

Su crecimiento es sigmoideo pasando por cuatro fases de crecimiento, como se muestra en la figura 3: fase lag, fase exponencial, fase estacionaria y fase de muerte (Whiting, 1995).

- ✓ *Fase Lag o de adaptación*: también llamada fase de latencia. Cuando las levaduras son transferidas de un medio a otro, no se produce un aumento en el número de células. Durante esta fase los microorganismos se adaptan al nuevo medio.
- ✓ *Fase Exponencial o log*: las células de las levaduras se reproducen sin limitación de nutrientes. Las células se duplican a intervalos regulares de tiempo.

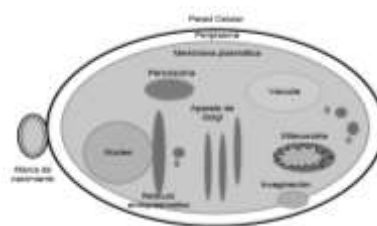


Fig. 1.- Estructura de las levaduras. Fuente: Feldman, 2005



Fig. 2.- Cultivo de levaduras visto al microscopio óptico. Las flechas indican procesos de gemación

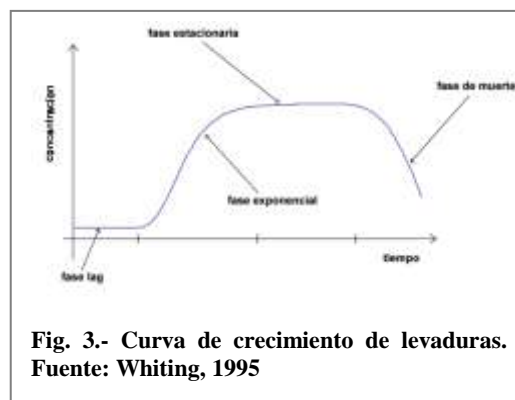


Fig. 3.- Curva de crecimiento de levaduras. Fuente: Whiting, 1995

- ✓ *Fase estacionaria*: ocurre cuando se agotan los nutrientes o existe un cambio en las condiciones del medio. Existe un equilibrio entre división y muerte celular.
- ✓ *Fase de muerte*: se agota la energía por agotamiento de nutrientes. No se puede sostener más crecimiento y las células mueren.

Este crecimiento depende de numerosos factores como: temperatura, nutrientes, acidez del medio, en algunos casos, la luz (por ejemplo *Schizosaccharomyces japonicus*), humedad y oxígeno.

El objetivo de este trabajo fue comprobar el crecimiento de estas levaduras, en medios líquidos cerrados, en distintas condiciones ambientales.

MATERIAL Y MÉTODOS

Las levaduras utilizadas para nuestro estudio fueron *Saccharomyces cerevisiae* y *Schizosaccharomyces japonicus*.

Para valorar su crecimiento se utilizaron **técnicas turbidométricas** basadas en la medida de la turbidez de los medios de cultivo. La turbidez es proporcional a la masa de las partículas en suspensión (células) y su medida nos permite hacer una estimación. Para ello se utiliza la medida de la absorbancia de luz. Cuando un haz de luz blanca atraviesa una masa de agua pura no sufre modificaciones. Pero cuando contiene alguna sustancia, la cantidad de luz absorbida por la sustancia depende del número de moléculas interpuestas en el trayecto del haz. Por lo tanto, para una misma sustancia y para una misma longitud de onda la cantidad de luz absorbida depende de la concentración de la sustancia en solución (Fig. 4). El espectrofotómetro fue el instrumento mediante el cual se realizaron las medidas de absorbancia.

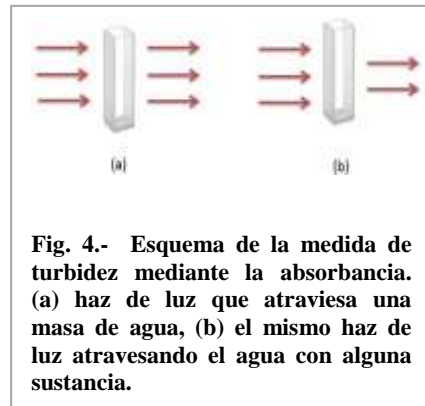


Fig. 4.- Esquema de la medida de turbidez mediante la absorbancia. (a) haz de luz que atraviesa una masa de agua, (b) el mismo haz de luz atravesando el agua con alguna sustancia.

1- Preparación del medio de crecimiento (glucosa 1%)

En un primer experimento el medio de crecimiento utilizado estaba formado por glucosa 1%

2- Preparación del cultivo de levaduras (4 matraces de 125ml)

En cada matraz se añadieron 40 ml del medio de crecimiento y 0.1g de levadura (*S. cerevisiae*). Para determinar el efecto de la temperatura, los matraces se llevaron a:

- Matraz 1: estufa a 30°C
- Matraz 2: temperatura ambiente (20°C)
- Matraz 3: frigorífico (4°C)
- Matraz 4: baño maría (60°C)

Para determinar la influencia del pH, al medio de cultivo se añadió 1 ml de zumo de limón natural (pH 3-4) y 3ml para conseguir un pH aproximado de 5.

Para valorar la influencia de la concentración de sustrato se preparó el medio de cultivo con una concentración de glucosa al 10%.

Estos tres últimos cultivos se pusieron en la estufa a 30°C.

Con el fin de comprobar si la luz era determinante en el crecimiento de las levaduras, además de *S. cerevisiae*, se utilizó también *S. japonicus* incubadas en un medio con 1% de glucosa a 30°C tanto en luz como en oscuridad.

En todos los casos, la curva de crecimiento se calculó midiendo la absorbancia de los distintos cultivos a diferentes tiempos (0, 0.5, 1, 2, 5 y 24 horas –datos no mostrados-) durante incubación en un espectrofotómetro Zuzi 4110RS a 600 nm.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de la temperatura

La temperatura es un factor importante en los procesos de fermentación, ya que los microorganismos presentan temperaturas óptimas en las que se produce un mayor crecimiento. En las levaduras la temperatura afecta la capacidad para utilizar los azúcares, la reproducción y el crecimiento celular. La temperatura de crecimiento de la mayoría de las levaduras está comprendida entre 5 y 37°C, situándose el valor óptimo próximo a los 30°C.

En nuestro estudio, se encontraron grandes diferencias en el crecimiento variando la temperatura (Fig. 5).

A 4°C apenas existe crecimiento, probablemente porque a esa temperatura las levaduras se encuentran en estado latente. A medida que aumenta la temperatura el crecimiento también aumenta, observándose el máximo crecimiento a 30°C. A 60°C se detectó el efecto negativo de las altas temperaturas. Estas temperaturas afectan a la integridad de la membrana plasmática y la pared celular.

Efecto del pH

El pH es, al igual que la temperatura, un factor importante en el crecimiento de las levaduras (Sen y Babu, 2005). La mayoría de microorganismos son neutrófilos.

Hubo variación en el crecimiento de *S. cerevisiae* cuando se utilizaron medios de cultivo con diferente pH. Observándose un mayor crecimiento en un pH neutro (comprendido entre 6 y 7). A pH ácido también existe crecimiento aunque es menor (Fig. 6). El pH influye en la estructura de las proteínas, pudiendo desnaturalizarse enzimas a pH ácido. Las enzimas son unas proteínas que ayudan a que las reacciones químicas tengan lugar. Encajan con el sustrato como si fuera una llave en una cerradura. Al desnaturalizarse pierden la forma, por lo que la llave ya no encajaría en el sustrato y no tendría lugar la reacción química.

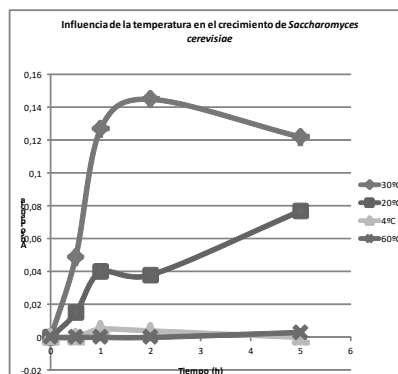


Fig. 5.- Influencia de la temperatura en el crecimiento de *Saccharomyces cerevisiae*

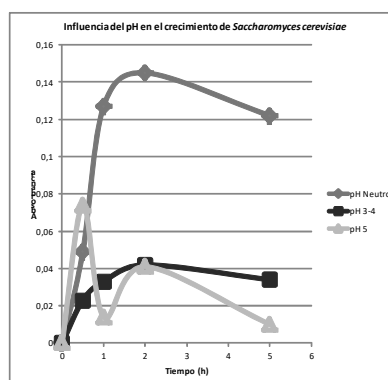


Fig. 6.- Influencia del pH en el crecimiento de *Saccharomyces cerevisiae*

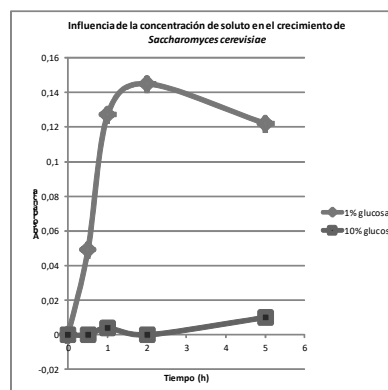


Fig. 7.- Influencia de la concentración de soluto en el crecimiento de *Saccharomyces cerevisiae*

Efecto de la concentración de soluto

La producción de levadura también necesita unos requerimientos nutricionales que permitan que la célula se divida. En el cultivo de levaduras, la principal fuente de carbono es la glucosa.

Las levaduras crecieron menos con alta concentración de glucosa (10%) (Fig. 7). Esto puede deberse al estrés osmótico, ya que al aumentar la concentración en el exterior de las células éstas pierden agua por procesos osmóticos hasta igualar las concentraciones entre el exterior y el interior celular, destruyéndose las células.

Efecto de la luz

Al determinar el efecto de la luz en el crecimiento de estos microorganismos, la luz no influye en el crecimiento de *S. cerevisiae* cuyo crecimiento es similar tanto en luz como en oscuridad (Fig 8a).

Sin embargo, *S. japonicus* es una levadura fotosensible (Niki, 2014). Necesita el estímulo luminoso para su crecimiento (Fig. 8b) ya que es indispensable para que se produzca la agregación entre células (las células aisladas se unen para formar hifas filamentosas).

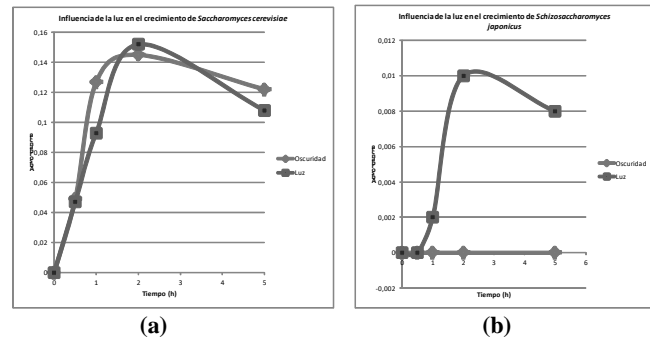


Fig. 8.- Influencia de la luz en el crecimiento de *Saccharomyces cerevisiae* (a) y *Schizosaccharomyces japonicus* (b)

Tras esta investigación podemos concluir que:

- ✓ La especie *S. cerevisiae* crece más favorablemente al encontrarse en un medio de cultivo con pH neutro, al 1% de glucosa y con una temperatura de unos 30°C, tanto en luz como en oscuridad.
- ✓ La especie *S. japonicus* solo se desarrolla en un medio con luz.

AGRADECIMIENTOS

A todos los alumnos de Cultura Científica de 4º ESO del Instituto Francisco Salinas por su colaboración en la investigación; al AMPA «Los Cipreses» por la ayuda económica y a nuestros coordinadores Piedad Gallego y Carlos Salamanca, por la oportunidad brindada y la información descubierta.

REFERENCIAS

- Durango Londoño, L.P. “Evaluación y escalamiento de la producción de levaduras nativas tipo *Saccharomyces* spp. a nivel de laboratorio”. Escuela de ingeniería. Medellín. 2007. Disponible en: https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/399/LauraPatricia_DurangoLondo%F1o_2007.pdf;jsessionid=02B0F5C5B563376819782C8FD083C357?sequence=1 [Consulta 15/01/2017].
- Feldman, H. (2005). *Yeast Molecular Biology: A short compendium on basic features and novel aspects*. Munich: University of Munich. Adolf Butenandt Institute.
- Levadura. (2017). *Wikipedia, La enciclopedia libre*. <https://es.wikipedia.org/wiki/Levadura> [Consulta 09/01/2017]

- Manovacia Moreno, N.P., Moreno Cárdenas, A.M., Mayorga Mogollón, O.L., Barahona Rosales, R. (2008). "Evaluación del contenido de nutrientes y producción de biomasa en cepas de levadura colombianas y comerciales". *Rev. Fac. Nat. Agr. Medellín*, 61(2), 4542-4553.
- Niki H. (2014). "*Schizosaccharomyces japonicus*: the fission yeast is a fusion of yeast and hyphae". *Yeast*, 30(3), 83-90. DOI: 10.1002/yea.2996
- Prácticas de Bioquímica y Biofísica (2010). Departamento de Biología Celular. Facultad de Medicina. Universidad de Montevideo. Disponible en: www.bcelular.fmed.edu.uy/Material/BQ_Clases_Practicas_2007.doc [Consulta 09/01/2017]
- Saccharomyces cerevisiae*. (2017). *Wikipedia, La enciclopedia libre*. https://es.wikipedia.org/wiki/Saccharomyces_cerevisiae [Consulta 09/01/2017]
- Sen, R., Babu, S. (2005). "Modelling and optimization of the process conditions for biomass production and sporulation of a probiotic culture". *Process Biochemistry*, 40 (7), 2531-2538.
- Uribe Gutiérrez, L.A (2007). "Caracterización fisiológica de levaduras aisladas de la Filósfera de mora". Trabajo de Grado. Facultad de Ciencias. Disponible en <http://javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis276.pdf> [Consulta 09/02/2017]
- Whiting, R.C. (1995). "Microbiological modelling in foods". *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 35(6), 467-494.
- Wiley J., Sherwood L.M., Woolverton C.J. (2008). *Microbiología de Prescott, Harley y Klein*, 7ª ed., MacGraw-Hill.

ENSAYO SOBRE LAS CONSECUENCIAS DE LA ACIDIFICACIÓN DEL OCÉANO EN LOS ESQUELETOS CORALINOS

Research about the consequences of ocean acidification on coral skeletons.

Raquel González Pérez¹

IES Vaguada de la Palma. Pza. de la Palma s/n. 37007 Salamanca.

¹ raquelgonzalezperez13@gmail.com.

RESUMEN: Las emisiones de CO₂ a la atmósfera se han incrementado en los últimos cien años. Parte de este CO₂ reacciona con el agua de mar y provoca la progresiva acidificación de los océanos. Muchos organismos marinos poseen un esqueleto calcáreo y se ven afectados al no poder disponer de los carbonatos implicados en la formación de bicarbonatos. Para trasladar este proceso al plano experimental y demostrar la disminución del CaCO₃ con la disminución del pH, se utilizan cuatro muestras de dos corales diferentes, *Milleporina* y *Scleractinia*. Se recrea un modelo basado en diferentes disoluciones y se realizan sucesivos pesados de cada muestra. Los resultados revelan que la masa inicial disminuye y la de *Milleporina* en mayor porcentaje que *Scleractinia*.

Palabras clave: CO₂, acidez, carbonato cálcico, cambio climático, efecto invernadero.

ABSTRACT: CO₂ emissions to the atmosphere have increased over the last hundred years. Part of this CO₂ reacts with sea water and causes the progressive acidification of the oceans. Many marine organisms have a calcareous skeleton and are affected because they don't have the carbonates involved in the formation of bicarbonates. In order to transfer this process to the experimental field and to show how the decrease of CaCO₃ is related to the decrease of pH, four samples of two different corals, *Milleporina* and *Scleractinia*, are used. A model based on different solutions is reproduced and successive weights of each sample are performed. The outcome reveals that the initial mass decreases and the *Milleporina* decreases in a higher percentage than the *Scleractinia*.

Key words: CO₂, acidity, calcium carbonate, climate change, greenhouse effect.

MERIDIES, 17-21 (2018): 111-118.

ISSN (versión impresa): 1137-8794

INTRODUCCIÓN

Combatir el cambio climático se ha convertido en el desafío medioambiental más importante de nuestra época. Las emisiones constantes de gases de efecto invernadero, como el CO₂, debidas a las actividades humanas, están provocando progresivamente un desequilibrio en la composición de los gases atmosféricos lo que está conduciendo a un aumento de la temperatura global del planeta.

El aumento de la temperatura atmosférica en la superficie terrestre se relaciona con procesos muy preocupantes como la fusión de capas de hielo, el consecuente aumento del nivel del mar, así como sequías y tormentas devastadoras.

Pero el aumento del CO₂ atmosférico, además de desestabilizar el clima, tiene un grave y fuerte impacto en los océanos. La interacción entre el agua oceánica y los gases de efecto invernadero repercute en los océanos pues aumenta su nivel, la temperatura y la acidez.

El cambio de acidez en del agua del océano pone en peligro a organismos marinos que crean caparzones y esqueletos de carbonato cálcico, como langostas, corales y cangrejos.

La concentración actual de CO₂ en la atmósfera se estima de 370-380 ppm (370-380 μmol•mol⁻¹), pero se están haciendo estudios de respuestas ambientales para escenarios con concentraciones de 750 ppm (750 μmol•mol⁻¹) (Salamanca, *et al.*, 2012).

Los océanos absorben aproximadamente el 30% de las emisiones globales de dióxido de carbono y el 80% del calor generado por el creciente aumento de los gases de efecto invernadero, atenuando de esta forma muchos de los impactos nocivos de la contaminación atmosférica (Harrould-Kolieb y Savitz, 2009). La absorción del CO₂ va unida a la acidificación oceánica. Cuanto más rápido aumente el contenido en CO₂ de la atmósfera, más rápida e intensa será la acidificación del océano (Artero *et al.*, 2012).

El aumento de acidez, aunque no elimine directamente a estos organismos no calcáreos, resulta nocivo de múltiples formas y afecta a la cadena alimenticia y por lo tanto a los ecosistemas, transformando los océanos de forma irreversible. Según el oceanógrafo Ken Caldeira y sus compañeros, “los efectos del dióxido de carbono en el medio ambiente marino, podrían ser tan preocupantes como los efectos del dióxido de carbono en la atmósfera terrestre” (Caldeira *et al.*, 2003).

Si continúa la desmesurada emisión de dióxido de carbono, los arrecifes seguirán degradándose, y superarán el punto crítico a partir del cual se verán gravemente dañados disminuyendo drásticamente, o incluso provocando la desaparición de, al menos, la mitad de los organismos que viven directa o indirectamente de ellos. Para salvar a los arrecifes de la acidificación de los océanos, debemos estabilizar la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera por debajo de 350 ppm, y de esta forma se evitarán también otras catástrofes climáticas. Es urgente que se den los pasos adecuados para que las emisiones de CO₂ descendan en los próximos 10 años.

Los océanos absorben una tercera parte del exceso de dióxido de carbono, reduciendo el impacto asociado al cambio climático. El exceso de CO₂ que absorben los océanos, altera la composición química del agua del mar, y hace que disminuya el pH, conduciendo progresivamente a una acidificación de los mismos, y decreciendo la cantidad de iones carbonato en el ecosistema marino. Esto continuará mientras la concentración en la superficie de los océanos sea menor que la de la atmósfera.

Los organismos con estructuras calcáreas se encuentran tanto en los ecosistemas de aguas profundas, como en los ecosistemas de aguas poco profundas. El proceso fisiológico por el cual algunos organismos son capaces de crear sus propias conchas o sus esqueletos a partir de carbonato cálcico, se denomina calcificación. Entre los animales calcificadores se encuentran corales, almejas, pterópodos y otros moluscos, equinodermos (como estrellas de mar), crustáceos (como langostas y cangrejos) y algunos tipos de fitoplancton.

El objetivo principal de este trabajo consiste en representar un problema a escala mundial, la descalcificación de los organismos marinos calcáreos, mediante un diseño experimental. El objetivo de la parte experimental reside en la reproducción de un modelo equiparable al proceso de descalcificación que afecta a los corales en el océano. Para ello, se tendrán en cuenta una premisa principal: la disminución de la tasa de calcificación por el aumento de la concentración de iones carbonato en el agua, debido a su acidificación. En la parte experimental se atenderá al carácter ácido del agua para llevar este proceso al plano experimental para estudiar sus efectos sobre los organismos marinos.

A través de este modelo experimental se irán concluyendo diferentes aspectos a tener en cuenta para hacer notables muchos de los problemas medioambientales que modifican, día a día, las condiciones ambientales planetarias. Estas modificaciones afectan, como ya se ha indicado anteriormente, a la tasa de calcificación.

Este modelo es un intento de mostrar un esquema visual y rápido de la situación actual con respecto a este problema, para así poder empezar a tomar medidas sobre el cambio climático y las exacerbadas emisiones de CO₂.

MATERIAL Y MÉTODOS

En la realización del trabajo de laboratorio se utilizó material común de un laboratorio de Enseñanza Secundaria: Balanza analítica de precisión, estufa, pH-metro, pinzas metálicas, varilla agitadora, espátula, placa de Petri, disoluciones, cámara fotográfica Nikon AF-S Micro Nikkor 150mm 1:2'8 y cuentagotas. Se utilizaron muestras del orden *Scleractinia* y *Milleporina*. Se utilizó HCl diluido al 37% y Na₂CO₃ para ajustar las disoluciones a los pH.

El método seguido considera que el parámetro a tener en cuenta y que se modifica a lo largo de toda la parte experimental es el pH. Así, se recrea un modelo que representa un medio similar al agua de mar. Este parámetro varía en diferentes disoluciones en las que se introduce la muestra del esqueleto de coral con el fin de recoger varios datos de diferentes masas de cada muestra, representando así la misma situación producida por la acidificación oceánica.

Las muestras de corales con las que se trabajó corresponden a los órdenes *Scleractinia* y *Milleporina* (figuras 1 y 2).



Fig. 1.- Coral *Scleractinia* completo, A y B

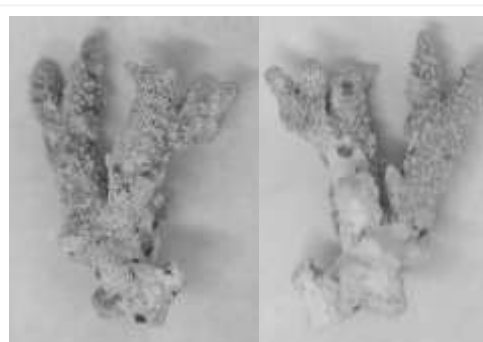


Fig. 2.- Coral *Milleporina* completo, A y B

Estas muestras irán sometiéndose a diferentes niveles de pH a lo largo del desarrollo experimental, con el fin de observar su comportamiento en cada situación.

Se utilizaron un total de cuatro muestras de esqueletos coralinos, dos de ellas más susceptibles a la acidez que las otras dos restantes, por pertenecer a un orden diferente. Las muestras fueron previamente cortadas y preparadas. Cada muestra se colocó en una placa de Petri individualmente. En primer lugar, se fotografiaron las muestras sin haber sido forzadas aún a ningún nivel de pH, es decir con su masa original, junto con los organismos completos. Para fotografiarlas se utilizó una cámara fotográfica Nikon AF-S Micro Nikkor 150mm 1:2'8 GB. Las muestras fueron fotografiadas por cada lado, es decir, dos veces.

Posteriormente se pesó cada muestra en una balanza analítica de precisión, con ayuda de unas pinzas, y se apuntaron los valores de las masas obtenidas.

Una vez llevado a cabo el pesado de las muestras, se procedió a la introducción de estas en las distintas disoluciones. Con el propósito de llegar a percibir las diferencias entre los dos tipos de organismos, las muestras fueron introducidas de dos en dos en cada disolución, cada par formado por una muestra de cada orden. En primer lugar, se introdujeron en la disolución de pH

neutro una muestra del coral *Scleractinia* (M1) con una muestra del coral *Milleporina* (M2). El pH de la primera disolución en el momento en el que las muestras fueron introducidas era de 7,27.

Una vez introducidas las muestras M1 y M2 en la primera disolución se dejó transcurrir una hora. Pasado este tiempo, se retiraron las muestras de la disolución, se depositaron sobre papel de filtro y finalmente, para eliminar toda el agua, se introdujeron en la estufa a 40°C durante 8 horas, para luego proceder a su pesado.

Este mismo proceso, y con esta misma disolución, fue aplicado a las muestras M3, correspondiente al orden de coral *Scleractinia* y M4, correspondiente al orden *Milleporina*. Las muestras se fueron introduciendo en las disoluciones en orden de nivel de pH descendiente: 5,35; 4,24 y 3,21.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se presentan los resultados correspondientes al proceso experimental de la muestra M1, perteneciente a *Scleractinia*; en la tabla 2 la muestra M2, correspondiente a *Milleporina*; en la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos para la muestra M3 corresponde a *Scleractinia* y en la tabla 4 se exponen los resultados obtenidos con la muestra M4, correspondiente a *Milleporina*.

En la figura 4 se representan las sucesivas masas de la muestra M1 con respecto a la variación de pH de las disoluciones problema, y se observa el descenso de la masa de la muestra M1 en relación directamente proporcional con el descenso del nivel de pH, así como la ecuación de la función obtenida y el valor del coeficiente de correlación lineal (R²).

En la figura 5 se muestra el descenso de la masa de la muestra M2 en función de la disminución del pH de las disoluciones. Se observa el descenso de la función obtenida y una relación de proporcionalidad directa entre los dos parámetros. En la misma gráfica se incluyen la ecuación de la función resultante y el coeficiente de correlación de la misma.

En la figura 6 se representa el descenso de la masa de la muestra M3 sometida a los diferentes pH de las disoluciones. Se observa la relación de proporcionalidad directa entre ambos parámetros. Junto a la función resultante se adjuntan la ecuación de la misma y su coeficiente de correlación.

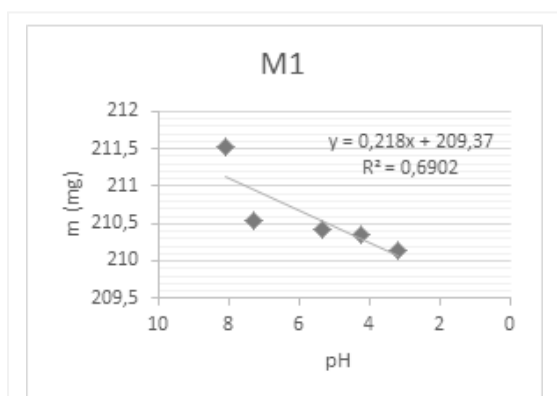


Fig. 4.-. Variaciones de peso en relación al pH para la muestra M1 (*Scleractinia*).

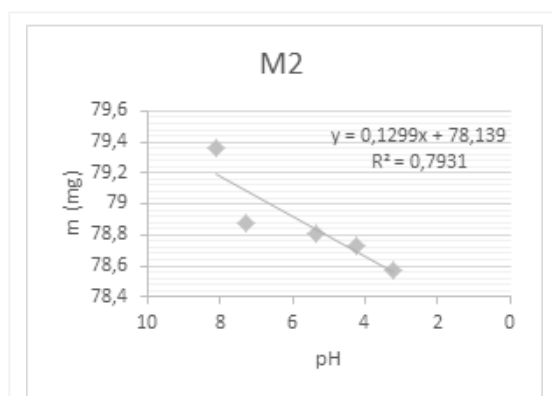


Fig. 5.-. Variaciones de peso en relación al pH para la muestra M2 (*Milleporina*).

En la figura 7 se representa el descenso de la masa de la muestra M4 en función del descenso de pH de las disoluciones. De nuevo, se distingue la relación de proporcionalidad directa que existe entre ambos parámetros. Junto a la función obtenida se representan su función y su coeficiente de correlación.

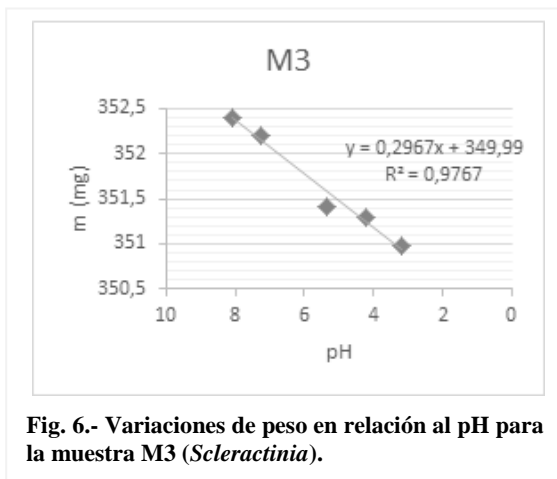


Fig. 6.- Variaciones de peso en relación al pH para la muestra M3 (*Scleractinia*).

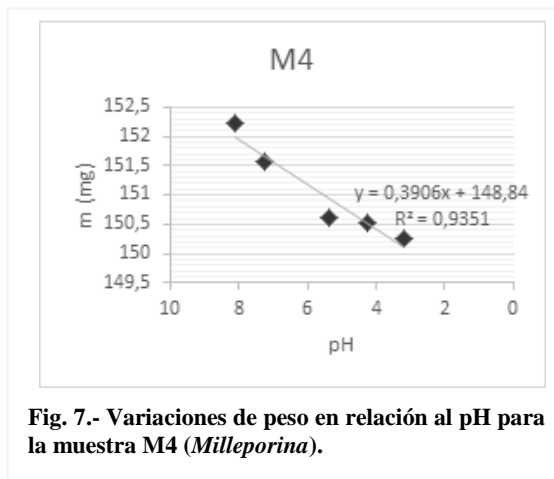


Fig. 7.- Variaciones de peso en relación al pH para la muestra M4 (*Milleporina*).

En la tabla 1 puede observarse cómo la masa disminuye ligeramente con cada pesado de la muestra. La fase en la que más disminuye la masa de la muestra M1 es aquella en la cual se ha sometido a la disolución de pH 7,27. Esto se debe a que las estructuras más sensibles, las más periféricas, son las primeras en disolverse, mientras que las más resistentes, las capas más internas, aguantan incluso ante los valores de pH más ácidos. Asimismo, aunque en la tabla 2 también se aprecia un descenso de la masa de la muestra durante todo el proceso, es la disolución de pH 7,27 la que más influye sobre la descalcificación. Hay que tener en cuenta que estas dos muestras se introdujeron a la vez en las mismas disoluciones, por lo que su evolución será similar. Lo mismo ocurre con las muestras 3 y 4. Ambas presentan descensos de masa con respecto a la inicial. Sin embargo, el mayor descenso de masa de estas dos muestras tras ser sometidas al pH 5,35 se justifica mediante un secado insuficiente de las mismas. Las cuatro muestras permanecieron en la estufa, tras sus sucesivas introducciones en las disoluciones, durante aproximadamente 24h, excepto las muestras 3 y 4 tras la disolución de pH 7,27, que permanecieron en la estufa 1h y media. De ahí se deduce la existencia de agua en estas dos muestras y su consecuente aumento de peso al ser pesadas antes de introducirse en la disolución de 5,35. Este fenómeno también se aprecia en las gráficas.

Con respecto a las gráficas, puede distinguirse claramente una función descendente en todos los casos, y la relación de proporcionalidad directa que existe entre el descenso de pH y el de la masa de las muestras. El punto inicial de cada función toma como valor de x pH 8,1, que es aproximadamente el del agua oceánica, y por tanto al que estarían sometidas las muestras si su medio no fuera alterado.

Tabla 1.- Peso de las muestras de *Scleractinia* (M1) antes y después de sumergirlas durante una hora en disoluciones con diferentes pH.

Día	Hora		Peso (mg)			pH de la disolución
	Meter	Sacar	Inicial	Final	Diferencia	
12/01/15	18:30	19:30	211,52	210,53	0,99	7,27
13/01/15	17:33	18:33	210,53	210,42	0,11	5,35
14/01/15	16:28	17:28	210,42	210,36	0,06	4,24
15/01/15	19:04	20:04	210,36	210,15	0,21	3,21

Tabla 2.- Peso de las muestras de *Milleporina* (M2) antes y después de sumergirlas durante una hora en disoluciones con diferentes pH.

Día	Hora		Peso (mg)			pH de la disolución
	Meter	Sacar	Inicial	Final	Diferencia	
12/01/15	18:30	19:30	79,36	78,88	0,48	7,27
13/01/15	17:33	18:33	78,88	78,81	0,07	5,35
14/01/15	16:28	17:28	78,81	78,73	0,08	4,24
15/01/15	19:04	20:04	78,73	78,57	0,16	3,21

Tabla 3.- Peso de las muestras de *Scleractinia* (M3) antes y después de sumergirlas durante una hora en disoluciones con diferentes pH.

Día	Hora		Peso (mg)			pH de la disolución
	Meter	Sacar	Inicial	Final	Diferencia	
13/01/15	16:23	17:23	352,41	352,20	0,21	7,27
13/01/15	18:43	19:43	352,20	351,41	0,79	5,35
14/01/15	17:31	18:31	351,41	351,30	0,11	4,24
15/01/15	20:05	21:05	351,30	350,98	0,32	3,21

Tabla 4.- Peso de las muestras de *Scleractinia* (M1) antes y después de sumergirlas durante una hora en disoluciones con diferentes pH.-.

Día	Hora		Peso (mg)			pH de la disolución
	Meter	Sacar	Inicial	Final	Diferencia	
12/01/15	18:30	19:30	152,22	151,57	0,65	7,27
13/01/15	17:33	18:33	151,57	150,63	0,94	5,35
14/01/15	16:28	17:28	150,63	150,52	0,11	4,24
15/01/15	19:04	20:04	150,52	150,26	0,26	3,21

Atendiendo al primer tramo de la figura 5 se observa el distanciamiento del segundo valor representado con respecto a la línea de tendencia. De ahí se deduce la mayor disminución de masa de la muestra tras ser sometida al primer pH. A partir de ahí los valores de masa se estabilizan. Lo mismo ocurre en la figura 6. Sin embargo y como ya se ha indicado antes, en las dos figuras restantes el segundo punto de la función permanece mucho más próximo a la correlación, cuando debería alejarse al igual que en las figuras 5 y 6. Este fenómeno reside en el agua no evaporada durante el secado de las muestras en esta fase de la experimentación. A pesar de ello, se observa que los puntos restantes de todas las figuras se acercan o se alejan de forma similar a la correlación.

Atendiendo a las diferencias entre las dos especies de coral, se pone de manifiesto la mayor susceptibilidad ante la acidificación del coral *Milleporina*. Mediante porcentajes se ha calculado la proporción de masa que ha perdido cada muestra con respecto a la inicial. Hay que tener en cuenta que la experimentación se hizo por separado, por lo que se compararán las dos muestras que se hayan sometido a las mismas condiciones, es decir, se realizará una comparación entre las muestras M1 y M2 y entre las muestras M3 y M4. Cabe recordar que en cada par hay una muestra de cada tipo de especie de coral. Atendiendo a los porcentajes ya citados, se obtuvieron los siguientes resultados:

- En la muestra M1 (*Scleractinia*) se aprecia una disminución de masa con respecto a la inicial de un 0,63%.
- En la segunda muestra (*Milleporina*) la disminución de masa es mayor, un 1%.

De esta forma puede apreciarse una mayor disminución de masa en el coral *Milleporina* que en el *Scleractinia*.

En el segundo conjunto se observa algo similar:

- En la muestra M3 se aprecia una disminución de masa del 0,41%.
- En la cuarta muestra (*Milleporina*), la masa disminuye en un 1,29%.

Al igual que en anterior caso, se distingue una mayor disminución de masa en el *Milleporina*.

La explicación a este hecho reside en la morfología de los dos tipos de corales. El *Milleporina* conservaba, durante la parte experimental, su zona más periférica, la primera en disolverse, mientras que el coral *Scleractinia* solo contaba con capas más internas. De aquí se deduce la diferencia en la disminución de la masa.

Con respecto a las fotos, puede observarse que el coral *Milleporina* va adquiriendo un tono más blancuzco a medida que se somete a las disoluciones. Esto significa que pierde sus capas externas poco a poco y se visualizan, en mayor medida, las internas, de color más blanco.

CONCLUSIONES

- Las continuas emisiones de CO₂ a la atmósfera están incrementando el descenso del pH del agua de mar provocando su progresiva acidificación.
- Los organismos marinos con esqueletos calcáreos sufren el déficit de carbonato cálcico en los fondos oceánicos, destinado en su mayor parte a la formación de bicarbonatos, una de las consecuencias de la reacción del CO₂ con el agua de mar.
- El déficit de carbonato cálcico de los fondos oceánicos impide que los organismos con esqueletos calcáreos utilicen este compuesto para llevar a cabo funciones beneficiosas para ellos.
- La tasa de calcificación disminuye a la vez que disminuye el pH del agua.
- La masa de las estructuras coralinas disminuye a la vez que disminuye el pH del agua.
- Los corales del orden *Milleporina* son más susceptibles a la acidificación que los del orden *Scleractinia*.

AGRADECIMIENTOS

En especial a José Abel Flores, profesor del departamento de Paleontología y del grupo de Geociencias Oceánicas de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Salamanca, por su apoyo y ayuda en todo momento. Asimismo, a José Manuel Rivero, profesor del departamento de Biología del IES Vaguada de la Palma, por sus múltiples consejos y su paciencia.

REFERENCIAS

- Artero, C.; Noguerras, M.; Mánuel, A. (2012). Ph sensor. *Instrumentation viewpoint*, vol. Winter, 13: 23-25.
- Braga, J.C. (coord.) (2009). Poríferos y Cnidarios, in Martínez Chacón, M.L. y Rivas, P. (editores) *Paleontología de Invertebrados*. Universidad de Oviedo. 524pp.
- Caldeira, K., Jain, A. K., y Hoffert, M. I. (2003). Climate sensitivity uncertainty and the need for energy without CO₂ emission. *Science*, 299, 2052-2054.

- Fabricius, K. E., Langdon, C., Uthicke, S., Humphrey, C., Noonan, S., De'ath, G., ... y Lough, J. M. (2011). Losers and winners in coral reefs acclimatized to elevated carbon dioxide concentrations. *Nature Climate Change*, 1(3), 165-169.
- Gehlen, M., Gangstø, R., Schneider, B., Bopp, L., Aumont, O., y Ethe, C. (2007). The fate of pelagic CaCO₃ production in a high CO₂ ocean: a model study. *Biogeosciences*, 4(4), 505-519.
- Harrould-Kolieb, E. y Savitz, J. (2009). Acidificación: ¿Cómo afecta el CO₂ a los océanos? *Informe de Oceana: Protegiendo a los océanos del mundo*. [En Línea] <http://oceana.org/es/eu/prensa-e-informes/informes/acidificacion-como-afecta-el-co2-a-los-oceanos> [Consulta 25/11/2014]
- Hickman, C.P., Roberts, L.S. y Parson, A. (2009). *Principios Integrales de Zoología*. 14ª ed. McGraw-Hill Interamericana de España. 936pp.
- Lobo Prieto, E. (2014). Efectos de la acidificación oceánica en los arrecifes coralinos del pacífico - Revisión Bibliográfica- Trabajo fin de Grado. Universidad de Salamanca. [presentación Prezi en línea] <<https://prezi.com/ejlnvcobuqx/efectos-de-la-acidificacion-oceanica-en-los-arrecifes-coralinos/>> [consulta 10/02/15]
- Salamanca, A. P., Pérez-López, U., Robredo, A., Miranda-Apodaca, J., Mena-Petite, A., Lacuesta, M., y Muñoz-Rueda, A. (2012). Respuestas fotosintéticas de especies pascícolas crecidas en monocultivo y en cultivo mixto a la interacción de la concentración de CO₂ y la sequía. *Revista Inventum*, (9): 20-30. [En línea] <[http:// biblioteca.uniminuto.edu/ojs/index.php/Inventum/article/view/20](http://biblioteca.uniminuto.edu/ojs/index.php/Inventum/article/view/20)> [Consulta 29/11/2014]
- Wikipedia (2015). *Scleractinia* [en línea] <es.wikipedia.org/wiki/Scleractinia> [consulta: 25/05/14].

INDICACIONES Y NORMAS PARA LA PUBLICACIÓN EN MERIDIES

MERIDIES es editada por la asociación nacional de profesores **Investigación en Secundaria (I.e.S.)**.

Se trata de **una revista de investigación científica** para alumnos de Enseñanza Secundaria (ESO, Bachillerato y Ciclos Formativos) en la que se publican trabajos realizados por alumnos de estas enseñanzas. Los trabajos deben ser presentados para su publicación por un profesor de los alumnos. El profesor, o profesores que coordinen cada trabajo pueden incluirse como último o últimos autores, indicando esa circunstancia.

De acuerdo con las normas de publicación de MERIDIES se debe utilizar unas plantillas tanto para la presentación del trabajo como para componer el texto principal del artículo que se va a enviar al Comité Editorial de esta revista. En estas plantillas se explica cuidadosamente los diferentes aspectos del maquetado que deben tenerse en cuenta, así como la forma de envío. Las plantillas en formato Word, se pueden descargar en la página **www.meridies.info**.

La revista aparece los primeros días de enero de cada año y se reciben originales durante todo el año anterior, si bien la recepción de originales para el número siguiente se cierra el 31 de octubre. Se mantiene correspondencia con los autores en lo referente a las circunstancias y pormenores de la publicación de su artículo.



ASOCIACIÓN Investigación en Secundaria (I.e.S.)

La asociación de profesores Investigación en Secundaria (I.e.S.) agrupa a profesores españoles que entienden la iniciación al trabajo científico como una estrategia de motivación y aprendizaje. Desde 1996 trabaja para facilitar cauces que ayude a profesores y estudiantes, españoles y extranjeros, el desarrollo de esta estrategia.

*Desde entonces, edita cada año esta revista **MERIDIES**, convoca y prepara, una **Reunión Científica** anual para estudiantes, coordina la exposición itinerante de paneles científicos **Ciencia en Ruta**, programa el desarrollo de las actividades **Coloquios Científicos** y **Encuentro entre dos mundos**. También han participado en la organización y desarrollo de diversos cursos y seminarios de fomento de la investigación joven tanto en España como en el extranjero.*

Las actividades que realiza y promueve esta asociación han sido reconocidas en varias ocasiones con premios prestigiosos como el Giner de los Ríos o el Nacional de Innovación Educativa.

REUNIONES CIENTÍFICAS

Las Reuniones Científicas para estudiantes de secundaria se vienen celebrando, a primeros de marzo, en diferentes localidades de Extremadura desde 1997. Todas ellas con apretados programas que han incluido varias sesiones de ponencias orales con sus debates y un amplio periodo para la exposición y defensa de los paneles científicos presentados por todos los participantes. El programa se completa siempre con visitas didácticas a centros tecnológicos o de investigación, y exposiciones o demostraciones de carácter científico.

Dependiendo de la localidad donde se realice, la participación puede ser más o menos amplia, pero suele estar alrededor de los 350 estudiantes y 70 profesores de medio centenar de centros españoles y extranjeros. Se trata un encuentro donde, tanto alumnos como profesores, intercambian proyectos, inquietudes y experiencias.

La organización de cada Reunión Científica recae cada año en un centro asociado que la solicita y recibe el apoyo de la **I.e.S.**, contando con el compromiso de los Centros de Profesores y Recursos. La próxima reunión tendrá lugar los días 12 y 13 de abril de 2018.

CIENCIA EN RUTA

Se trata de la exposición itinerante de los paneles científicos presentados cada año en la Reunión Científica. Esta exposición recorre, desde abril a enero, los centros que lo solicitan y permanece en ellos una semana, durante la cual cada centro organiza, en torno a ella, las actividades que cree más adecuadas y que, en ocasiones, abre a otros centros de la localidad.

COLOQUIOS CIENTÍFICOS

Se organizan coloquios en las aulas propias de los alumnos, con científicos e investigadores relevantes. Se realizan simultáneamente en varios centros, permitiendo también encuentros previos y posteriores entre los profesores de secundaria y estos investigadores.

ENCUENTRO ENTRE DOS MUNDOS

Encuentros en las aulas con profesores y alumnos sudamericanos que exponen y debaten sobre diversas realidades educativas de sus países. También se realiza en varios centros para facilitar el contacto entre los profesores sudamericanos y españoles.

MERIDIES

La revista que ahora tiene en sus manos.

Forman parte de la asociación tanto profesores como centros de enseñanza de toda España.

Para participar en las actividades que promueve basta asociarse a través de la página www.meridies.info. También puedes contactar directamente: revistameridies@yahoo.es