

MERIDIES

REVISTA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA PARA ALUMNOS DE ENSEÑANZA SECUNDARIA

25

NÚMERO CONMEMORATIVO

2022



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*)
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*)
D^a Lucía Pérez de Celi (*Colegio Alternativo Talentos, Trujillo. Perú*)
Dra. D^a María del Carmen Sánchez Bernal (*Universidad de Salamanca*)

Presentación		4
MERIDIES 1 (1997)		
Juan CARRANZA ALMANSA. Iniciación al trabajo científico: el estudio del comportamiento animal.	<i>Cátedra de Biología, Facultad de Veterinaria, Universidad de Extremadura</i>	5
MERIDIES 2 (1998)		
Francisco GIL MARTÍNEZ. Reflexiones sobre la ciencia y el método científico.	<i>Facultad de Biología. Universidad de Sevilla.</i>	7
Ángel PUERTO MARTÍN. Bases para escribir un trabajo científico (con gotas de cinismo).	<i>Área de Ecología. Facultad de Biología. Universidad de Salamanca.</i>	11
MERIDIES 4 (2000)		
M^a Teresa CUEVAS GONZÁLEZ-NICOLÁS. El sida en el año 2000	<i>Instituto de Salud Carlos III. Centro Nacional de Biología Fundamental. Patogenia Viral.</i>	17
MERIDIES 6 (2002)		
Ricardo Damián BASCO LÓPEZ DE LERMA. El arte de investigar	<i>I.E.S. Francisco de Orellana. Trujillo (Cáceres)</i>	23
MERIDIES 8 (2004)		
José María VEGA PIQUERES. La alimentación sana en la sociedad del bienestar	<i>Catedrático de Bioquímica y Biología Molecular. Universidad de Sevilla</i>	30
MERIDIES 9 (2005)		
Josefina CASTELLVÍ. La Antártida en el contexto del planeta Tierra	<i>Oceanógrafa, ex directora de la base antártica Juan Carlos I</i>	37
MERIDIES 10 (2006)		
Carlos LÓPEZ OTÍN. La vida y sus moléculas	<i>Dpto. de Bioquímica y Biología Molecular de la Universidad de Oviedo.</i>	39
MERIDIES 11 (2007)		
Rafael MARGALLO TORAL. Carta de fin de curso a mis jóvenes investigadores.	<i>IES Ricardo Bernardo.Solares (Cantabria).</i>	41
MERIDIES 12 (2008)		
Diego HIDALGO SCHNUR. ¿Cómo cambiar el mundo?		45
MERIDIES 13 (2009)		
Margarita SALAS. De la biología molecular a la biomedicina.	<i>Centro de Biología Molecular "Severo Ochoa". (CSIC.-UAM.)</i>	49
MERIDIES 14 (2010)		
José Enrique CAMPILLO ÁLVAREZ. El sedentarismo: ¿Es una enfermedad carencial?	<i>Catedrático de Fisiología. Facultad de Medicina. UEx. Badajoz.</i>	55
MERIDIES 15 (2011)		
José Luis VIEJO MONTESINOS. Los insectos como alimento humano: ¿Por qué no comer insectos?	<i>Departamento de Biología. UAM. Madrid.</i>	59
MERIDIES 17-21 (2018)		
Guadalupe SABIO BUZO. Nuevas estrategias en la lucha contra la obesidad.	<i>C N de Investigaciones Cardiovasculares (CNIC) del Instituto Carlos III de Madrid.</i>	69
MERIDIES 22 (2019)		
Edgar Fabián GÓMEZ SÁNCHEZ. Encuentro de saberes y realidades entre dos mundos: Historia de un descubrimiento.	<i>Institución Educativa Técnica La Esperanza. Valledupar (Cesar -Colombia-)</i>	73
MERIDIES 23 (2020)		
María Victoria GIL ÁLVAREZ. Pensamiento crítico: La esperanza en el país de los ciegos.	<i>Profesora Titular de Química Orgánica. Universidad de Extremadura. Badajoz.</i>	81

R. AMORES y J. FENOLLAR. Los terremotos de San Francisco y Valparaíso de 1906 registrados por el observatorio Fabra de Barcelona	85
N. AMORES y J. FENOLLAR. Un estudio sobre la relación entre la contaminación atmosférica de Sabadell (Barcelona) y Zierbena (Vizcaya), y las variables meteorológicas: la presión atmosférica, la velocidad del viento y la precipitación.	93
Indicaciones y normas para la publicación en MERIDieS	101

PRESENTACIÓN

Hace 25 años, cuando comenzamos esta experiencia, seguramente ninguno de nosotros pensaba en que llegaríamos tan lejos. Desde esa perspectiva, nos atrevemos a calificar a este número 25 de soñado, insólito, fabuloso...

Para conmemorar este señalado aniversario reeditamos, en MERIDieS 25, dieciséis artículos de otros tantos investigadores y profesores que han colaborado con nosotros desde aquel lejano 1997. Se trata de artículos que han dejado huella y, que por uno u otro motivo, mantiene su interés y siguen siendo demandados. Te invitamos a volver a releerlos y a disfrutar de cada uno de ellos.

Durante el pasado año se han recibido muy pocos artículos originales y solo aparecen publicados dos artículos de estudiantes, ambos remitidos desde el IES Ribot i Serra de Sabadell (Barcelona), a los que queremos agradecer su esfuerzo.

Debido a la pandemia, este año tampoco se ha podido organizar nuestra Reunión Científica. Esperamos poder volvernos a encontrar, presencialmente, en 2023. Hasta entonces, disfrutad todos de este número conmemorativo.



INICIACIÓN AL TRABAJO CIENTIFICO: EL ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO ANIMAL

Juan CARRANZA ALMANSA

Cátedra de Biología, Facultad de Veterinaria, Universidad de Extremadura
Avda. de la Universidad s/n. 10071 Cáceres

El método científico es el procedimiento del cual se vale la Ciencia para avanzar, gracias al establecimiento de conclusiones objetivas y que pueden ser replicadas, es decir comprobadas de nuevo en cualquier momento por otros investigadores. De este modo, a partir del conocimiento de unas conclusiones sobre un determinado problema se pueden formular nuevas preguntas que llevarán a nuevas investigaciones y a nuevas conclusiones que van así edificando nuestro conocimiento sobre un tema.

El esquema general por el que se rige el método científico comprende los siguientes pasos: planteamiento de un problema o pregunta, formulación de hipótesis, observación y/o experimentación, análisis de resultados y establecimiento de conclusiones.

En el caso del estudio del comportamiento animal, los procedimientos de estudio hacen uso, tanto de la *observación* de los procesos que ocurren de modo natural, como de la realización de *experimentos* donde los factores que intervienen en estos procesos puedan ser controlados por el investigador. Dependiendo de la naturaleza de los problemas, de las preguntas planteadas y de las hipótesis formuladas, el estudio puede requerir observación, experimentación o ambos procedimientos. A su vez la experimentación puede plantarse en la propia naturaleza, de modo que los procesos en estudio ocurren de modo natural y en su medio ambiente, pero el investigador controla alguno o alguno de los factores claves para comprender su influencia en el proceso. O bien, los experimentos pueden realizarse en condiciones completamente controladas, este es en un laboratorio o en unas instalaciones artificiales. Algunos estudios realizados por nuestro equipo nos pueden servir para ilustrar los procedimientos anteriores:

EL SISTEMA DE APAREAMIENTO DEL CIERVO

- *Planteamiento del problema e hipótesis*: el sistema de apareamiento del ciervo descrito en todo el mundo es la existencia de harenes, es decir de grupos de hembras defendidos por un macho frente a otros machos rivales. Durante un trabajo en Doñana sobre las luchas en el ciervo observamos que los machos permanecían fijos en determinados lugares, con lo cual nos planteamos la hipótesis de que en Doñana el sistema de apareamiento del ciervo pudiera ser diferente a otras zonas y basado en la defensa de territorios.

- *Observación y conclusión*: la observación sistemática de machos individualmente conocidos durante el celo nos permitió demostrar que defendían un trozo de terreno de unos 100 metros de diámetro, con fronteras bien definidas, y en el cual esperaban la llegada de las hembras. No todos los machos adultos hacían eso, sino que algunos adoptaban la típica estrategia de harenes. Por lo tanto la conclusión fue que el sistema de apareamiento del ciervo en Doñana era diferente en el sentido de que una parte de machos adultos defendían territorios en lugar de harenes.

Siguientes preguntas: La primera conclusión nos lleva a planteamos nuevas preguntas que nos llevarán a profundizar en el problema:

- a) ¿Es la territorialidad exclusiva de Doñana o existe en otras poblaciones?
- b) ¿Cuáles son las razones que hace que exista territorialidad en unos lugares y no en otros?

c) Una vez que los machos territoriales han conseguido un territorio ¿van las hembras a aparearse con ellos en función de sus cualidades o en función de las cualidades del territorio que poseen?

La pregunta (a) se contestó mediante observación en otras poblaciones, encontrándose que en unas existe y en otras no, lo cual nos lleva a la pregunta (b).

La pregunta (b) se contestó en principio gracias a las observaciones en diferentes poblaciones, simplemente comparando las condiciones de las áreas donde se encontró territorialidad frente a las restantes áreas. Esto nos llevó a la conclusión de que aquellos lugares donde la concentración de recursos (la hierba) produce concentraciones de hembras en determinados puntos, favorecen que los machos defiendan esos puntos estratégicos, ya que de ese modo consiguen contactar con las hembras que van allí a buscar comida.

No obstante casos como éste, en los cuales hay más de una variable que pueden estar afectando, suelen requerir la experimentación para controlar las variables distintas de la que se supone afecta a nuestra conclusión. Para ello realizamos experimentación en campo, provocando la concentración de comida, lo cual produjo una concentración de hembras, que a su vez hizo a los machos cambiar de defender harenes a territorios.

La pregunta (c) se enfrenta al problema de que tanto los mejores territorios como los mejores machos suelen estar unidos, con lo cual la sola observación de las hembras no nos aporta información de qué cosa prefieren. Por ello fue necesario separar machos y sitios mediante procedimientos experimentales en campo para llegar a la conclusión de que las hembras elegirán el territorio más rico en hierba independientemente del macho que allí se encuentre, hasta el punto de que un macho obligado a cambiar de territorio perderá hembras en proporción a las pérdidas que ha sufrido en calidad de hierba de su primer territorio al segundo.

SELECCIÓN SEXUAL EN EL FAISÁN COMÚN

La selección sexual es el mecanismo por el cual evolucionan los caracteres sexuales secundarios que diferencian machos y hembras. Es especialmente fuerte en las especies con sistemas poligínicos (un macho puede aparearse con varias hembras) y en ellos ocurre mediante la competencia entre los machos para acceder a las hembras, mediante la elección de pareja que realizan las hembras, o a través de ambos procesos. El faisán es una especie poligínica sujeta a fuerte selección sexual que se manifiesta en el dimorfismo que existe entre machos y hembras.

- En esta especie nos planteamos la siguiente cuestión: de todos los caracteres dimórficos que la selección ha producido en los machos, cuáles han sido producidos debido a su papel en la competencia entre los machos por las hembras, cuáles lo han sido por ser atractivos para las hembras cuando éstas eligen pareja, y cuales funcionan en ambos contextos.

- Experimentos: Se utilizó un grupo de faisanes mantenidos en cautividad, de modo que se pudieran diseñar experimentos en los que a los machos se les modificaba un determinado carácter morfológico para comprobar su efecto tanto en las interacciones con otros machos como a la hora de atraer hembras.

- Varias series de experimentos tanto de enfrentamientos entre machos como de elección de pareja, modificando diferentes caracteres, nos permitieron concluir lo siguiente: las hembras prefieren aparearse con machos que presentan: alto nivel de testosterona que se manifiesta en la presencia de unas pequeñas plumas negras en la carúncula, gran longitud de cola, longitud de unas plumas de la cabeza en forma de «cuernecillos» u «orejas». Por otra parte, los machos usan para evaluar a los rivales el brillo del plumaje, el tamaño de la carúncula y la longitud de las «orejas». Por lo tanto unos caracteres están evolucionando porque son preferidos por las hembras, otros porque se utilizan en los enfrentamientos entre machos, mientras que la longitud de las «orejas» es seleccionada por ambos mecanismos.

REFLEXIONES SOBRE LA CIENCIA Y EL MÉTODO CIENTÍFICO

Francisco GIL MARTÍNEZ

Facultad de Biología. Universidad de Sevilla.

Existen tres tipos de actividades humanas, muy interrelacionadas entre sí: teoréticas, poyéticas y prácticas. Las teoréticas son de conocimiento; las poyéticas, de reflexión y las prácticas, de aplicación de las dos anteriores.

La ciencia, que las integra a todas, nace, en nuestro entorno, en la antigua Grecia, pero no en Atenas, sino en las colonias del Asia Menor. Ello no podía suceder de otro modo ya que en la metrópoli se vivía bajo la égida de los dioses del panteón griego. Por ello, en Atenas, todo estaba explicado e interpretado por los sacerdotes, como resultado de una teogonía y cosmología particulares. En la colonia no sucedía así porque coexistían diversas concepciones y religiones, con distintas concepciones y explicaciones del Universo y de sus fenómenos, la Acrópolis se hallaba lejana y de la inevitable confrontación de culturas surgió la duda y, tras ella, la crisis. El hombre, el filósofo, el científico, debió despojarse de su ropaje mítico y enfrentarse al Universo con la ayuda de su propia razón, interrogándose a sí mismo y a la Naturaleza.

Los límites entre las distintas ciencias aparecidas desde entonces no están claros. Por ejemplo, cuanto más conocemos sobre la vida, percibimos que lo que sabemos se puede explicar en razón de fenómenos físicos y químicos y lo específicamente vital siempre queda relegado a lo que desconocemos. En consecuencia, la vida parece escaparse de la mano del biólogo para pasar insensiblemente a las del físico o del químico o, lo que es lo mismo, el biólogo debe ser necesariamente más bioquímico y biofísico. Según Pascal, el hombre está formado por un componente maquinal **M**, sistema de palancas y de máquinas simples, la res extensa, y por una parte **A**, anímica, la *res cogitans*, donde residen las potencias intelectuales. A medida que avanza el conocimiento, se asiste a que la porción **M** es progresivamente mayor (todo lo que sabemos explicar del hombre se interpreta en términos físicos y químicos) y la parte **A**, lo verdaderamente vital, se reduce. En consecuencia, un esfuerzo riguroso de la ciencia podrá dar las últimas explicaciones en términos químicos y físicos, y la vida no existiría como tal, no hallándose diferencias entre el mundo animado y el inanimado, o bien la ciencia actual no sirve para esta finalidad y es imprescindible una nueva ciencia que desconocemos totalmente incluso en su filosofía y propedéutica.

Desde otro orden de cosas, el pensamiento humano es susceptible de exhibir ciertas categorías que pueden ejemplificarse con facilidad:

1) Así, cuando utilizamos los servicios de un maletero en una estación, el trabajo que efectúa es totalmente claro para nosotros. Sabemos lo que hace y cómo lo hace y lo podríamos realizar nosotros mismos, si quisiéramos o tuviéramos fuerzas para ello. Se trata, por consiguiente de un pensamiento claro, totalmente transparente para el observador.

2) En cambio, si un industrial contrata a un ingeniero para organizar el trabajo de su fábrica, el pensamiento del profesional queda oscuro para el contratante; éste no sabe cómo elaborarlo, ni por qué aquél hace lo que hace. Sin embargo, a poco que se piense, se llegará a la conclusión

de que el ingeniero ha aprendido cómo actuar en la Escuela de Ingeniería y, en último término, si el empleador tuviera aptitudes para ello, podría adquirir también los conocimientos necesarios. Se trata, por consiguiente, de un pensamiento oscuro, pero susceptible de clarificación. En realidad se puede definir como un pensamiento pseudooscuro.

Ambos tipos de pensamiento están sujetos a reglas, es decir, poseen un método o un algoritmo para alcanzar la finalidad prevista. En último término, pueden ser sustituidos, con mayor o menor dificultad, por máquinas. Por esta razón, se agrupan bajo la denominación de pensamiento algorítmico.

3) Cuando un artista realiza una obra de arte o un inventor diseña un nuevo artilugio, su pensamiento queda oscuro para los demás porque, si bien en una parte es pseudooscuro y puede adquirirse, posee otro componente, el de la sensibilidad artística o el de imaginación que son personales y no se aprenden. Se trata de un pensamiento totalmente oscuro, llamado también pensamiento heurístico, que, a priori, carece de algoritmo y de método y es, en principio, difícilmente sustituible por máquinas. Sin embargo, también en este caso puede existir una metodología.

Desde una perspectiva integral, el desarrollo de la persona depende fundamentalmente de la correcta satisfacción de tres necesidades: nutrición, sanidad e instrucción. La diferencia fundamental entre ellas es que cualquier deficiencia en las dos primeras se manifiesta inmediatamente por una sensación (hambre, sed, enfermedad), mientras que adolecer de la tercera puede pasar inadvertido toda la vida para aquéllos en los que no se ha despertado el ansia de aprender. Por tanto, es imprescindible estimular en todas las personas este apetito. Algunas, desgraciadamente, colman muy pronto esta necesidad o carecen de la posibilidad de hacerlo; otras, en cambio, dotadas de gran curiosidad, a medida que profundizan en el conocimiento de las cosas se percatan de la inmensa magnitud de lo que todavía ignoran y entran en lo que podríamos definir como un círculo virtuoso que les impele paulatinamente a profundizar más en su conocimiento.

Esta curiosidad puede ser satisfecha adquiriendo conocimientos a través de los libros, que es lo que hace el erudito, puede saciarse preguntándose uno mismo, que es lo que practican, por ejemplo, los filósofos y los artistas y, finalmente, es posible cubrirla preguntando a la Naturaleza mediante la experimentación. A ello nos vamos a referir al tratar del método científico que circunscribiremos solamente al ámbito de las Ciencias Experimentales. Sus objetivos consisten en la búsqueda de nuevos conocimientos y en su comunicación de modo inteligible y reproducible.

Existen dos formas de dar con un hallazgo científico: sin buscarlo y buscándolo. En el primer caso, puede suceder que la persona no esté preparada para captar su importancia y éste pase inadvertido; en otras ocasiones, el científico capta la trascendencia del descubrimiento casual y comprende su repercusión. Esto último es lo que ha sucedido en algunos hitos tan valiosos como la obtención de la vacuna contra la peste aviar o de la penicilina.

No obstante, es más común descubrir algo importante buscándolo y ello se puede hacer por tanteo o planificando una investigación científica propiamente dicha.

a) Por tanteo. Este método se llama también de ensayo y error y consiste en realizar muestreos más o menos dirigidos a lo que se pretende hallar.

b) Por investigación científica propiamente dicha, es decir, profundizando en la naturaleza de un fenómeno, tras un minucioso planteamiento previo encaminado a facilitar el descubrimiento que se basa en una cierta seguridad de su existencia.

Se acostumbra a dividir el método científico en cuatro etapas: observación, clasificación, investigación de la causa y publicación de resultados. La observación, en los casos en que sea posible, debe completarse con la experimentación.

1) Observación. Es la percepción de los fenómenos tal como aparecen en la Naturaleza. Para comprender el alcance de esta etapa hay que tener claro el concepto de escala de observación. Muchos fenómenos aparentemente distintos son, en realidad, manifestaciones, a escala diferente, de un mismo fenómeno básico.

Experimentación. La Ciencia puede avanzar sin necesidad de experimentación y de hecho existen varias en las que la experimentación es casi imposible. Se trata, en general, de mantener todas las condiciones naturales constantes y variar artificialmente una sola de ellas para observar e interpretar las respuestas.

2) Clasificación. Afecta no solamente a los resultados y observaciones propias, sino también a las relacionadas con el tema publicadas por otros investigadores. De ahí la necesidad de un conocimiento completo de la bibliografía específica. La clasificación no ha de consistir necesariamente en una ordenación a modo de catálogo, sino que implica un trabajo del intelecto sobre el material a clasificar, tratando de entresacar los elementos de identidad entre la aparente diversidad y para acercarse, de este modo, al orden de la naturaleza.

3) Investigación de la causa. No puede existir verdadera ciencia sin esta etapa: averiguar cuál es la causa del fenómeno que se estudia. Para ello, se ha de seguir un proceso lógico de inducción-deducción que lleva a construir un modelo imaginario llamado hipótesis. Las hipótesis solamente sirven para rellenar temporalmente las lagunas de nuestro conocimiento; por consiguiente, han de ser comprobadas con múltiples experimentos u observaciones ya que, si son acertadas, no solamente servirán para interpretar los fenómenos investigados, sino también, para predecir observaciones posteriores. Por consiguiente, el progreso de la ciencia, se basa en:

- a) Se observa o descubre un fenómeno F.
- b) Para explicarlo, se formula una hipótesis ("la causa de este fenómeno F es C").
- c) La hipótesis implica una predicción ("si la causa del fenómeno F es C, entonces en el experimento E sucederá P").
- d) Se realiza el experimento E de comprobación.
- e) Con sus resultados se establece la tabla de la verdad:
 - * Si la predicción P no se cumple, la hipótesis es falsa y se descarta.
 - * Si se cumple P, el experimento E apoya a la hipótesis, que se considerará acertada mientras ningún otro experimento la logre descartar, pero para ello es necesario establecer nuevas y diferentes comprobaciones.

Una complicación adicional es que, en las Ciencias Experimentales y, particularmente, en biología, los resultados de los experimentos no suelen ser incontrovertibles ya que, aún siendo correcta la hipótesis, los resultados no siempre están totalmente de acuerdo con ella, es decir, las predicciones no se cumplen en el 100% de los casos. Para ello es necesario someter a los datos experimentales (los resultados numéricos del experimento) a un análisis estadístico que permita determinar si las desviaciones observadas son o no significativas.

4) Publicación. Otra de las facetas importantes del método científico es la publicación de los resultados. En realidad, el científico actual suele seguir el corolario de que lo que no se publica no existe. El investigador tiene que comunicar sus resultados de forma inteligible y reproducible. Ello se suele materializar en comunicaciones a congresos o en publicaciones en revistas o libros científicos, en las que no se pueden hacer generalizaciones peligrosas.

A este respecto no hay que olvidar que en la investigación científica tiene un gran interés el juego inducción-deducción. El proceso inductivo lleva de lo particular a lo general e implica, una generalización inevitable. En cambio, la deducción lógica implica todo lo contrario, ir de lo general a lo particular. Aunque inducción y deducción son dos procesos mentales diferentes, los científicos se valen de ambos para sus razonamientos y no excluyen ninguno de los dos, de modo que suelen utilizar una alternancia continua de inducción y deducción.

El juego inducción-deducción interviene, como mínimo, en dos de las etapas del método científico: la clasificación y la investigación de la causa. La clasificación de las observaciones consiste esencialmente en un proceso inductivo en el que se establecen los elementos comunes de distintos fenómenos aparentemente diversos o lo que es lo mismo, se resume el fenómeno cuya causa se quiere investigar. La investigación de la causa es un proceso inductivo-deductivo pues todas las hipótesis entrañan el juego entre razonamientos inductivo y deductivo: la formulación de la hipótesis es el proceso inductivo y la predicción el deductivo. Cuanto mayor es el número de observaciones, tanto más fiables serán las generalizaciones que de ellas se deriven y esto es lo que puede elevar una hipótesis a la categoría de tesis o teoría. Pero se debe tener claro que las generalizaciones inductivas, excepto en matemáticas, no alcanzan nunca una certeza absoluta y solamente pueden alcanzar un alto grado de probabilidad. El grado de certeza de la generalización depende de la cantidad y diversidad de la información que se utiliza.

Finalmente, la investigación cuesta enormes sumas de dinero y, por consiguiente, hay que tener en cuenta las prioridades. Normalmente, se tienen que realizar proyectos de investigación exhaustivos con descripciones del material, metodología a aplicar, objetivos que se pretende alcanzar, necesidades de personal, aparatos, material fungible, etc. Todo ello es evaluado por miembros de la comunidad científica quienes proponen o no aportar los fondos necesarios. Siempre existen problemas sobre si se debe primar la investigación básica, que tiene como objetivo aumentar el grado de conocimiento sobre la naturaleza, o bien la aplicada, que intenta solucionar problemas concretos. Lo mejor es establecer un grado de equilibrio entre ambas vertientes, ya que no se pueden alcanzar objetivos muy concretos sin que la ciencia avance en su conjunto y, además, porque en muchas ocasiones la investigación básica puede tener una aplicación muy directa, un ejemplo de lo cual es la obtención de productos anticancerígenos a través de la investigación básica sobre organismos marinos que, en principio, no parece tener ninguna relación. En el polo opuesto se encontraría la investigación aplicada muy específica, que no siempre puede obtener resultados satisfactorios.

Saber cómo y dónde publicar facilita la difusión del conocimiento científico y, por tanto, su posible aplicación. Pensemos que descubrimientos como la rueda o el fuego tardaron miles de años antes de generalizarse; el uso de la energía eléctrica, varios decenios; la utilización del transistor o de la televisión, veinte años desde su descubrimiento, etc. y que este tiempo se ha ido rebajando progresivamente hasta la actualidad, en que el retraso desde el descubrimiento hasta su aplicación puede llegar a consistir solamente en algunas semanas o meses.

BASES PARA ESCRIBIR UN TRABAJO CIENTÍFICO (CON GOTAS DE CINISMO)

Ángel PUERTO MARTÍN

Área de Ecología. Facultad de Biología. Universidad de Salamanca.

Me invitan a que escriba un trabajo para esta revista, pero que sea algo utilitario, de aplicación, es decir, algo que valga para algo. Confieso que es una tarea difícil a la que no estoy acostumbrado. Por ello, tras años de trasegar orujo en las cafeterías de distintos edificios universitarios, lo que supone una experiencia decisiva, he decidido poner de manifiesto cómo se escribe un trabajo científico. Esto de escribir es un eufemismo que se me ocurrió durante el paso de un estado ético al siguiente, porque por lo común los trabajos científicos se perpetran.

El hecho de imponerme un cometido tan arduo obedece, como he podido comprobar en los cinco minutos diarios (viernes incluidos) que dedico al estudio, a que hay gente que por falta de carácter, o por falta dentro del área, no sabe escribir un trabajo científico. Es más, ni siquiera saben escribir un trabajo ni un científico por separado. Esto es debido a que desde su más tierna vejez no han sido preparados para ello. Por lo tanto, vamos a constreñirnos los intestinos del cuerpo para dar algunas nociones para el cabello.

Antes de comenzar con lo que es el bodrio propiamente dicho, me gustaría adelantar unas normas generales. Hay que ser conciso, claro, serio, documentado, no utilizar párrafos largos en los que no se encuentra al sujeto (a pesar de estar sujeto) y darle al conjunto un tono impersonal (no se puede decir "hicimos un ensayo", sino "se realizó un ensayo"). Estas normas intentaré incumplirlas en lo que viene a continuación, por lo que no trate de tomarme como un ejemplo a seguir. Es una verdad incuestionable que llevar corbata no aumenta el talento ni la inteligencia, pero usted escriba como si la llevara. Ande, hijo, haga un esfuerzo.

Lo mejor para aprender es intentarlo, es decir, pasar a la obra propiamente dicha, también llamada por algunos "Opus Dei". En este camino de beatificación el sacrificio es elegir un tema que tenga interés y, si no lo tiene, hay que dar la apariencia de que lo tiene. El trabajo comienza con el **TÍTULO**, seguido del nombre del autor o autores y dirección de trabajo de cada uno de ellos si son varios. Así, si alguien desea escarnecerlos o darles palos en las nalgas puede hacerlo con suma facilidad. El título debe ser preciso y conciso, lo cual no siempre es fácil, porque si es conciso hay dificultades para que sea preciso y viceversa. Además debe dar la impresión de una validez amplia, lo que tiene que ver con el planteamiento. Si ha estudiado un encinar en Valdepito del Botijo y se ciñe al título de "Estudio de un encinar en Valdepito del Botijo", va usted derecho al precipio del desprestigio. Para empezar, eso de "estudio" se lleva menos que los pololos. Además, si en vez de regar con su sudor sólo un encinar se dedica a un riego más extensivo y aplica el mismo esfuerzo a dos encinares, añadiéndole otro de Villatripas de Arriba (cuyo término es colindante con el de Valdepito), el título podría ser "Composición y estructura de bosques mediterráneos". Como se puede apreciar, las cosas varían sensiblemente a su favor.

Al título se le suele añadir un título resumido, que en realidad, siendo lo conciso de lo conciso, no suele decir nada, pero sirve para encabezar las hojas, lo que resulta muy bonito.

Después de haber puesto de manifiesto de qué va el engendro y de que nosotros somos los autores, se dispondrá el **RESUMEN**. Va delante, pero en realidad es lo último que se escribe. Se trata de apiñar en unas pocas líneas todo lo que se ha hecho y a lo que se ha llegado, si es que se ha llegado a algo. Si se hace bien, simplifica la consulta de la bibliografía, con lo que se evitan pérdidas de tiempo a los demás, aunque lo normal es que los demás se estén tocando las narices. Al resumen lo acompañan las "palabras clave", que suelen ser entre tres y cinco términos que concretan aún más de qué va el estudio. Así, si las palabras clave son pedo, caca y pis, posiblemente no sea este el trabajo de consulta que está usted buscando. Cuando un trabajo se escribe en español hay que traducir, al menos, el resumen y las palabras clave al inglés. Si se escribe en inglés no es necesario, porque ya está en inglés, y eso llevamos ganado. El porqué se debe a que, al parecer, un trabajo no vale nada si no lo entiende el que no sabe español. Así, una estupidez dicha en castellano se convierte en una máxima a seguir si está en inglés. Arcanos de la Ciencia y problemas del colonialismo que ejercen los Estados Unidos de América del Norte que, puestos a mandar, también mandan en esto.

Luego viene el desarrollo del trabajo propiamente dicho. Se comienza con una **INTRODUCCIÓN**, que debe contar con dos partes principales. La primera es preparar a los lectores de lo que se les viene encima, poniéndoles en antecedentes sobre el tema: si fulanito ha hecho algo parecido pero quedan muchas dudas, que presentamos un planteamiento innovador, que vamos a comprobar si determinada hipótesis se cumple también en nuestro caso, o lo que sea. Es muy importante dejar clara la magnificencia de lo que se va a hacer, manifestando su importancia y el interés que tiene para los mortales. Esto no se lo cree nadie, pero es la costumbre. En la segunda parte, y sin solución de continuidad con la primera, hay que decir lo que se pretende, o lo que es lo mismo, que objetivos queremos alcanzar, dándole de nuevo caba a lo imprescindible y fundamental de estos objetivos. Tampoco se lo va a creer nadie, pero la publicación o no del trabajo muchas veces se decide en esta fase, de manera que es la madre del cordero. Esta me la sé: la oveja.

Aquí comienzan a surgir algunas complicaciones metodológicas. Decir lo que han hecho otros en relación con el tema significa citarlos. No citarlos para tomar café, que es algo muy difícil si el personaje en cuestión vive en Toronto (aparte de que puede ser un cardo borriquero), sino citar sus trabajos. Pero esto es sencillo. Si se trata de un autor se pone el apellido y el año (Fulanito, 1998), si son dos autores los dos apellidos (uno de cada uno, hombre, no los dos de uno) y el año (Fulanito y Citanito, 1998), y si son más de dos, por ejemplo trescientos, se pone sólo al primero en la forma (Fulanito *et al.*, 1988). Esto de *et al.* es una abreviatura de *et alia*, denominación latina, por lo que debe ir en cursiva, que podemos traducir libremente por "y mogollón". A veces no es posible meter a los autores entre paréntesis, bien porque se resisten o por padecer de claustrofobia. Entonces, sin más, los sacamos fuera en todas las variantes citadas, por ejemplo, "como indica Fulanito (1998), etc.". Cabe pensar que se ha entendido. Al menos se habrá entendido que Fulanito es un autor muy citado, a pesar de que ya le han practicado varias lobotomías.

A la introducción le sigue el **MATERIAL Y MÉTODOS**. Es un apartado conflictivo en el que no todos los correctores del trabajo van a estar de acuerdo, e incluso se van a contradecir en numerosas ocasiones. En realidad, los correctores se contradicen en todo casi siempre, ya que

no hay manera de hacerles comprender que el trabajo es de otra persona y no suyo. Por ello, lo mejor para evitarse problemas es escribir para tontos, con lo que además se tiene la seguridad de que se acertará en la mayoría de las ocasiones. Este apartado se puede dividir en subpartes, pero también cabe hacerlo de manera seguida, que es más sencillo. Si el trabajo es, pongamos por caso, de un tema ambiental, se comenzará describiendo sucintamente el territorio, su situación, geomorfología, suelos, clima y demás zarandajas, con indicación de los datos de que se disponga y citas de los autores correspondientes (o sea, de Fulanito).

Después se tratará detalladamente de los métodos seguidos y del material empleado. Si el material es vulgar, como una cinta métrica, no hace falta ni citarlo. Esto sólo vale para materiales sofisticados, que se indican, remitiendo su funcionamiento a alguna cita de Fulanito. Otra cosa es si el trabajo es metodológico o innovador, en cuyo caso hay que contar todo como si se tratara de un interrogatorio feroz de la policía (montada del Canadá, por supuesto).

Este es un buen lugar para decir el volumen de datos con que se cuenta y poner de relieve que se ha trabajado hasta la extenuación. Hay quien exagera y dice que hasta el coma profundo, pero tampoco conviene pasarse. También se debe hacer referencia a los métodos estadísticos aplicados, indicando su idoneidad, citando a Menganito porque, de esto, Fulanito no sabe nada.

Por supuesto, aquí hay que olvidarse de algunas cosas, como la muestra que se cayó al suelo, la que se contaminó por un estornudo desafortunado, las tres pruebas que se omiten porque no eran acordes con las restantes y otras insignificancias por el estilo. Esto no es mentir, ni siquiera ocultar la verdad, sino una norma generalizada de obligado cumplimiento. Así que cumpla con ella y deje de darme la vara.

A continuación vienen los **RESULTADOS Y la DISCUSIÓN**. El disponerlos juntos o no depende del gusto de los editores. Para la redacción del trabajo es más fácil que vayan unidos, porque así, a medida que se exponen los resultados se pueden ir discutiendo. Pero muchos editores, que aunque parezcan serios en realidad son unos granujillas, obligan a que se separen.

De esta forma, el apartado de resultados lo que resulta es sumamente árido. En él, se trata de presentar simple y llanamente los datos elaborados, con algún breve comentario sobre los mismos aunque sin entrar en disquisiciones. Como son datos elaborados, al principiante le asusta la simplificación de sus queridos y trabajados datos originales. En realidad, nos asusta a todos, porque en materia científica todos somos principiantes, y si alguien dice lo contrario es porque lleva sobre veinte años realizando el mismo trabajo con ligeras variantes. Pero esto no debe importarnos. Malandrines, botarates y badulaques pululan por las alcantarillas de la Ciencia, y a las primeras de cambio obtienen un cargo público en recompensa a que ya no valen para nada. Pero olvidemos las alcantarillas y sus ratas y volvamos a los datos. Cuando se cuenta con muchos datos que, si el planteamiento es bueno, indica un trabajo bien realizado, las aplicaciones estadísticas te acaban poniendo los ojos como platos cuando ves que quedan reducidos a unos simples números. Viene a ser como el milagro de la multiplicación de los panes y los peces pero al revés. Cuando se nos haya pasado la dilatación ocular, debemos recapacitar y darnos cuenta que se trata de facilitarle al lector una información rápida de lo que hemos hecho, resumida en unas pocas tablas (numeradas, para poder hacer referencia a ellas en el texto, y encabezadas por el título) o gráficas (numeradas y con leyendas, lo suficientemente claras, en hoja aparte). Cabe señalar si las tendencias coinciden con la hipótesis de partida, si hay alguna disparidad notable, y alguna cosilla más, pero poco. Por supuesto, si los resultados

son un galimatías incomprensible, o bien probamos otra forma de análisis o bien los tiramos a la papelera. No conviene olvidar que se publican los éxitos, no los fracasos.

La discusión es donde uno se la juega de forma definitiva. Con los mismos resultados una labor de investigación puede ser publicada o no según se discuta. La regla de oro es ceñirse a los resultados sin efectuar elucubraciones no comprobadas ni salirse por los cerros de Úbeda. Olvídense de la imaginación en este apartado. Para efectuar la discusión se debe haber consultado mucha bibliografía sobre el tema y comparar los resultados con los nuestros. Como la bibliografía es abundante, unos resultados estarán de acuerdo con los que hemos obtenido y otros no. Se trata de decir que los que están de acuerdo son unos sabios como la copa de un pino, y los que no lo están son una panda de zascandiles y calandracas que no saben lo que se traen entre manos. Por supuesto, esto no se puede decir tan claramente, sino buscando eufemismos y derivaciones, tratando de dar una imagen de ecuanimidad y clarificación de las cosas. Por ejemplo: "Fulanito (1988) se desvía bastante de nuestras apreciaciones, posiblemente porque el método utilizado no se adecuaba totalmente a la comprobación de la hipótesis de partida" (o el clima es diferente, o los suelos son de otra tipología, etc.). No es conveniente comprometerse demasiado, por ello se emplean muchas expresiones como "posiblemente", "es probable", "se puede" u otras de índole similar. Esto contrasta con los apartados precedentes, donde las afirmaciones es mejor que sean categóricas. Ahora bien, si se presenta una duda en la discusión, pero una duda apocalíptica que no hay manera de descifrar ni de salir de ella, se debe poner "como es obvio", "como es bien conocido" o cosas así. Esto hace dudar a los correctores que, en general, cuentan ya con pocas neuronas en activo, por lo que aunque no lo entiendan tal vez lo dejen pasar para que nadie se dé cuenta de su situación senil. Conviene advertir que el peligro es evidente, porque también hay correctores con cierto grado de consciencia que pueden responder por qué algo tan dudoso es obvio, con lo que tendremos después que buscar una explicación alternativa para que el trabajo sea publicado.

Las **CONCLUSIONES** vienen a ser un resumen de lo más importante que se deduce de la discusión, o una prolongación de la misma volviendo a incidir en idénticos puntos. A veces se parece tanto al resumen propiamente dicho que es difícil diferenciar qué es una cosa y qué es otra. Como en la discusión conviene ser cautos y ceñirse a los datos, resaltando lo más notorio que se ha logrado respecto a la hipótesis de partida. Si no se ha logrado nada notable, cosa que ocurre normalmente, hay que hacer que lo parezca. Al igual que en el resumen no se deben introducir citas bibliográficas en este apartado, particularmente para que Fulanito se chinche. Con un poco de orden las conclusiones pueden quedar muy monas e incluso valer para algo, y esto no lo digo para alentar al principiante a la investigación, sino porque soy un mentiroso compulsivo.

Un apartado optativo es el de los **AGRADECIMIENTOS** a aquellas personas que han ayudado a la realización del trabajo y no figuran como autores. Conviene poner a alguien que tenga algún prestigio (es un decir) científico (es otro decir), porque esto ayuda a la publicación. Si el trabajo ha sido previamente revisado por algún corrector que ha puesto pegats, por lo que se ha tenido que modificar y volver a enviar a la revista, se suelen añadir las gracias a los correctores anónimos que tanto han contribuido a mejorar el manuscrito inicial. Esto, como todo el mundo sabe, indica que se está uno acordando de su madre, y no precisamente para mandarle flores. En todo caso, los agradecimientos deben ser concisos y, si el trabajo está financiado por alguna entidad, no hay que olvidarse de poner el nombre de la misma, que luego se cabrean. A

las entidades lo que les interesa es hacerse propaganda, aunque les importe un rábano lo que se ha hecho.

Por último, hay que disponer, por orden alfabético de apellidos, la **BIBLIOGRAFÍA** citada en el texto. Cada revista tiene sus normas en cuanto a cursivas, negritas, paréntesis, etc., por lo que lo mejor es consultar un trabajo reciente de la seleccionada. No obstante, de forma general, los aspectos bibliográficos suelen reducirse a tres:

Trabajos en revistas. Hay que poner el apellido del autor o de los autores con la inicial de su nombre, seguido del año, título del trabajo, revista, número de la revista y páginas. Aquí, aunque sean muchos los autores, no vale la expresión et al., sino que hay que ponerlos a todos, aunque si el número es excesivo se puede admitir la simplificación. Un ejemplo es: Fulanito, J. M. 1988. España va bien. La mayoría de los españoles tampoco. An. Cult., 28: 13-33. En este caso, y en la mayoría, si el título de la revista es algo largo, se pone en abreviatura. Así, An. Cult. puede significar Anales Culturales.

Libros unitarios. Igual que en el caso anterior, pero en vez del nombre de la revista se pone el de la editorial y la ciudad donde se ha editado el libro. Ejemplo: Fulanito, J. M. 1988. La corrupción universitaria en Francia. Editorial Aquimas. Cajamarca. A veces hay que añadir el país y el número de páginas. Este último se indica simplemente como pp. 666.

Libros con capítulos pertenecientes a distintos autores. Lo mejor es un ejemplo: Fulanito, J. M. 1988. De la ecología al ecologismo y me llevo tres. En: Menganito, F.D. (Ed.) Problemática del hombre blanco, pp. 69-96. Editorial Capitalina. Los Madriles. Como se aprecia van dos títulos, primero el del capítulo escrito por Fulanito y después el del libro en el que alguien responsable (es un suponer) actúa como editor (Ed.). Aquí si hay que indicar las páginas que ocupa el capítulo en cuestión.

Cuando las citas son de un mismo autor, como es el caso presente, se ordenan por los apellidos de los autores siguientes. Si resulta que no hay autores siguientes, como vuelve a pasar aquí, por el año de publicación. Si el año es el mismo (hay que tener mala suerte, no vuelvo a citar a Fulanito), el año va seguido por una letra, es decir 1988a, 1988b, 1988c, etc., para poder hacer las referencias correspondientes en el texto.

Una vez finalizado el trabajo, se siguen las normas marcadas por la revista para enviarlo, por ejemplo, original y tres copias, y se espera. Después de esperar, cuando menos se lo espere, obtendrá la contestación, que suele ser: publicable, publicable con las pequeñas modificaciones que se indican (hasta ahora vamos bien), publicable con grandes modificaciones (esto ya se pone feo) o no publicable (la jibamos, tía Blasa; es una tía mía, usted refiérase a las suyas).

En los dos últimos casos, sobre todo en el último, es conveniente no caer en depresiones ni cortarse las venas de las muñecas propiamente dichas. Si alguna de las críticas le parece apropiada, cambie o modifique lo que se le indica. Pero si, en general, está convencido de su propio trabajo y lo considera válido, mándelo a otra revista. Es posible que los correctores sean menos capullos (en términos botánicos) que en la primera. Si no está convencido de la validez de su trabajo, siento tener que decírselo, pero entonces el calificativo floral que le he aplicado a los correctores debo aplicárselo a usted. Tire el trabajo a la papelera, hombre, que ya me está cansando con tantas interrupciones.

El conjunto de todo lo que usted haga (no sólo trabajos) va a constituir su *Curriculum* (*Curricula* en plural) *Vitae*. Esto le da opciones para pedir becas (parasitismo), participar en

proyectos (comensalismo), realizar oposiciones (competencia) y, en fin, para ir progresando en su carrera científica (canibalismo). Pero ahora que no nos oye nadie le diré que lo más importante es buscarse un padrino. Es el método más rápido para llegar alto, con un buen *curriculum* o sin él. Lo más probable es que reciba calificativos como trepa, lamenosequé, y cosas por el estilo. Es igual, los hay a manta. Y para que no diga que no me comprometo, le voy a dar los nombres de algunos que en la actualidad ocupan puestos de relevancia. Pero espere un momento que se me ha terminado el garrafón de orujo y voy a que me lo rellenen en la esquina. Ahora mismo vuelvo.

EL SIDA EN EL AÑO 2000

M^a Teresa CUEVAS GONZÁLEZ-NICOLÁS

Instituto de Salud Carlos III. Centro Nacional de Biología Fundamental. Patogenia Viral.

El virus de la inmunodeficiencia humana (VIH), es el agente que causa el sida. El primer caso documentado de sida es del año 1.959, en una muestra de sangre procedente de África central. Desde que fue aislado en 1.983, se ha realizado un enorme esfuerzo en la investigación de este virus, con el fin de detener una pandemia que supone el mayor problema de salud pública en los países desarrollados y amenaza la supervivencia de determinados países en vías de desarrollo.

A pesar de los enormes esfuerzos que se están realizando en la investigación y lucha contra la enfermedad, aún no se dispone de un tratamiento eficaz, ni de una vacuna que evite la infección, en una enfermedad en la que se estiman seis millones de nuevos afectados al año, y que desde su origen hasta finales del año pasado ostenta la terrible cifra de 16,3 millones de muertes por su causa.

De los países europeos, es España quien presenta el mayor numero de personas afectadas. Si bien, hay que aclarar que no todas las personas infectadas con el virus, tienen sida, ya que realmente sida es la fase final de la enfermedad, cuando el sistema inmune está tan deteriorado, que cualquier otra enfermedad o infección puede producir la muerte del paciente.

¿Cómo es el virus del sida?

El virus de la inmunodeficiencia humana (VIH), tiene forma esférica, con un diámetro aproximado de 80 a 110 nm. Está compuesto por tres capas, la más interna o nucleocápside, que contiene el material genético y las enzimas víricas, después está la cápside, y finalmente la membrana externa. Entre estas dos últimas se encuentra la matriz. Realmente la membrana externa procede de la célula hospedadora, y en ella se encuentran insertadas las glicoproteínas, denominados gp120 que le servirán para unirse a la célula diana.

El genoma viral

El VIH pertenece a la familia de los Retrovirus, ya que su material genético está compuesto por dos copias de ARN lineal, que será copiado a ADN bicatenario, y de este modo se integrará en el ADN de la célula hospedadora, lo que le permitirá, por un lado escapar del sistema inmune y por otro, emplear la maquinaria de replicación de la célula y así, poder multiplicarse. El tamaño de este genoma es de aproximadamente 9 kilobases, a ambos lados se encuentran unas secuencias repetidas que se llaman LTR (*Long terminal*

repeat), y entre éstas están los 9 genes, 3 estructurales y 6 accesorios o reguladores. Los tres estructurales son Gag, que dará lugar a las proteínas de la matriz, cápside y nucleocápside, Pol del que se obtienen las enzimas víricas, proteasa, integrasa y transcriptasa inversa, y por último Env, del que se formarán las proteínas de unión a la célula huésped. Los genes accesorios son Tat, Rev, Vif, Vpu, Vpr y Nef, éstos tienen diferentes funciones, como lograr una mayor eficacia en la replicación, atenuar la virulencia (Nef), etc.

El ciclo viral

El virus tiene distintas dianas celulares, es decir, puede infectar no sólo a linfocitos, sino a macrófagos, células de glía, etc. El primer paso se produce cuando el virus interacciona mediante la glicoproteína gp120 con el receptor de la célula diana, se produce entonces la fusión de ambas membranas, quedando la gp120 en la superficie de la célula. Una vez dentro, se libera el ARN vírico al citoplasma celular, donde por acción de la transcriptasa inversa, se copiará a ADN bicatenario, que migrará al núcleo, y gracias a la integrasa se incorporará al genoma celular. A esta forma viral se denomina provirus, pudiendo permanecer de este modo, durante mucho tiempo. Cuando se replica el ADN celular, también lo hace el del virus, que después se transcribe a ARN. Así tendremos, por un lado, ARN viral, y por otro lado ARN mensajero, que se traducirá a proteínas o mejor dicho a precursores proteicos. Estos precursores por la actividad de la proteasa pasarán a proteínas propiamente dichas, para entenderlo mejor, si se traduce Gag, la proteasa actuará a modo de "tijeras", y cortará obteniendo las proteínas de la matriz, de la cápside y de la nucleocápside. Una vez obtenidos todos los elementos que componen las nuevas partículas virales, éstas se ensamblan y salen de la célula, empleando la membrana celular como su propia membrana.

Dinámica y variabilidad viral

Como hemos comentado anteriormente el virus se puede replicar de forma activa. Se ha calculado que en una persona infectada la tasa de producción de nuevas partículas virales es de $10,3 \times 10^9$, estos nuevos virus afectarán a otras células, de las que saldrá la nueva generación viral. Este proceso ocurre cada 2,6 días. Por otro lado los virus también pueden afectar a linfocitos u otras células y permanecer en estado de latencia (lo que se llaman reservorios virales), aunque decir esto no es del todo correcto, ya que, aunque a ritmo muy lento, el virus se sigue replicando.

Todo esto hace que el virus sea extremadamente variable, a lo que también contribuye la acción de la transcriptasa inversa, ya que al copiar el ARN viral a ADN, comete errores, con una tasa de $0,3-3,5 \times 10^{-5}$. Por todo ello, la población viral dentro de un mismo organismo no es homogénea, si no que existen diferencias en su genoma. A estos organismos diferentes se les llama cuasiespecies. Uno de los problemas que plantean estas cuasiespecies, es que el sistema inmune produce anticuerpos específicos frente determinadas cuasiespecies, no frente a todas.

Por otro lado, existen dos tipos de virus de la inmunodeficiencia humana que producen sida, el VIH-1 y el VIH-2. Dentro del primero hay diferentes grupos el M, N y O. Dentro del grupo M, hay diferentes subtipos del A al K. En el VIH-2, los subtipos van del A al F.

Otro proceso a tener en cuenta, es el fenómeno de recombinación. Se puede producir cuando un individuo está infectado por dos virus distintos. En Kaliningrado, por ejemplo, entre los drogadictos predomina la forma recombinante A/B.

Historia natural de la enfermedad

Al inicio de la infección se produce una reducción en el número de linfocitos, que continúa de forma progresiva. Al mismo tiempo que se produce un aumento rápido en el número de copias de ARN viral en el plasma del paciente, que posteriormente desciende. El paciente no presenta ningún síntoma, o si acaso, está en un estado similar a la gripe, con cansancio, ligera fiebre, etc. La duración de este periodo asintomático varía de unos pacientes a otros pero puede llegar a alcanzar aproximadamente los 10 años, durante los cuales el paciente, sin conocer su enfermedad, puede contagiar a otras personas. El sistema inmune va deteriorándose cada vez más, y empiezan a aparecer infecciones oportunistas, como las producidas por Herpes zoster, Candida. También se pueden dar neuropatías, y en algunas ocasiones cáncer, como el sarcoma de Kaposi, el enfermo pierde mucho peso, a lo que se llama caquexia, y finalmente fallece.

Origen del sida

Tanto el VIH-1 como el VIH-2 están relacionados con virus procedentes de primates de origen Africano. Hasta ahora se conocen 18 tipos de virus diferentes que afectan a los primates, si bien, a pesar de su similitud en la estructura con el virus del sida, no se ha observado que estos animales en libertad desarrollen la enfermedad, por lo que se acepta que podrían actuar como reservorio natural para el virus. En comparativos del material genético de estos virus y el del sida, se ha encontrado una gran similitud. El VIH-1 es muy parecido al virus de la inmunodeficiencia simia VIS, procedente de chimpancé, mientras que el VIH-2 se asemeja más al VIS de macacos.

Desde este núcleo central en Africa, la epidemia se habría ido transmitiendo por diferentes vías. Por contacto con la sangre de estos animales, tanto en cacerías, como al comerla. Son zonas donde ha habido muchas guerras, con constantes movimientos de población. Desde otros países, en estas zonas ha habido colonias militares, se han hecho safaris, y han acudido voluntarios en misiones humanitarias, etc. También en esta zona se han realizado campañas de vacunación, sin contar a veces con suficientes condiciones higiénicas, fomentando la propagación de la enfermedad. Hay que reseñar, que de estos países se obtuvieron muestras para la producción de hemoderivados, que se emplearon, sin ningún tipo de control, en las transfusiones sanguíneas. De estas personas que estuvieron en estos países, al volver a sus residencias habituales, fueron propagando la enfermedad hasta llegar al momento actual.

Tratamiento de la enfermedad

Actualmente no hay ningún tratamiento eficaz que consiga erradicar la enfermedad. Lo que se está logrando es aumentar el tiempo en que el paciente permanece asintomático, por lo que a la larga se disminuye el número de muertes, ya que se prolonga la vida y calidad de vida de los enfermos.

Tratamiento farmacológico

Hasta ahora se están empleando dos tipos de medicamentos que actúan inhibiendo la actividad de las dos enzimas virales. Por un lado están los inhibidores de la transcriptasa inversa. El más conocido es el AZT, ya que fue el primero que se utilizó en el tratamiento del sida. A éste le han seguido muchos otros como el ddI, ddC, Nevirapina, etc.

Los otros fármacos son los inhibidores de la proteasa, entre los que se encuentran el Saquinavir, Indinavir, Ritonavir, etc. Estos últimos presentan el problema de tener muchos efectos secundarios, principalmente alteraciones metabólicas.

Actualmente el tratamiento se basa en la combinación de estos dos tipos de medicamentos, en un intento de atacar al virus en distintos frentes, y lograr una mayor reducción en la carga viral. A esta combinación formada, normalmente, por dos inhibidores de la transcriptasa inversa y un inhibidor de la proteasa se le llamó terapia antirretroviral de alta eficacia (en inglés HAART).

A los problemas de los efectos secundarios y del elevado precio de estos medicamentos, hay que sumar la complejidad de los regímenes terapéuticos. El paciente debe tomar gran cantidad de pastillas diariamente, a las que hay que sumar los antibióticos u otros medicamentos para tratar las posibles infecciones oportunistas. Esto hace que muchos pacientes no cumplan con las pautas marcadas, lo que se está denominando falta de adherencia terapéutica, cuyo resultado es la total ineficacia de los tratamientos.

Además, tal y como se señalaba anteriormente, el virus con todas sus variables genéticas, bajo la presión de estos fármacos y más si no se cumple con los tratamientos, hace que se seleccionarán aquellas cepas que puedan vivir a pesar del medicamento.

Ya se han descrito casos de transmisión de cepas resistentes de un individuo tratado a otro no tratado y sobre este último estos medicamentos, que nunca ha tomado, ya no son eficaces. Por eso es necesario la realización de test o pruebas que determinen la presencia de resistencias en el genoma viral, tanto antes del tratamiento como durante el mismo. Una de estas técnicas es la secuenciación que nos permite conocer la composición del material genético del virus. De este modo, si por ejemplo un paciente está tomando Saquinavir, y se analiza los aminoácidos que componen la proteasa, si se produce un cambio en el aminoácido en posición 90, de leucina a metionina, la eficacia del medicamento se verá seriamente reducida.

Desarrollo de vacunas

Hasta ahora no se han logrado vacunas que eviten la infección por el VIH. Se han realizado ensayos empleando virus atenuados, virus completos inactivados, subunidades del virus, tanto naturales como recombinantes y péptidos sintéticos.

El principal problema para el desarrollo de una vacuna, está en el propio virus, ya que presenta una alta variabilidad genética, se escapa del sistema inmunitario cuando se integra en el núcleo celular y además afecta a las células clave en la respuesta inmunológica. Otro de los problemas, es que no existe un modelo animal experimental adecuado, que desarrolle la enfermedad de forma similar al hombre. Únicamente se ha observado el desarrollo de la enfermedad parecida al sida en macacos, y más recientemente en babuinos. Algunos experimentos se han realizado en chimpancés, pero al ser una especie protegida estos ensayos están limitados.

Por otro lado existe el problema ético de probar estas vacunas en voluntarios sanos, ya que se han dado casos de contagio en algunos ensayos.

Finalmente, y como siempre, están los problemas económicos, ya que por ahora se ha invertido muchísimo dinero y aún no se han conseguido buenos resultados.

Conclusiones: El sida en el año 2.000

Aunque no hay un tratamiento eficaz se están desarrollando nuevos fármacos, concretamente un inhibidor de la integrasa y un inhibidor de la fusión del virus con la célula, además de nuevos inhibidores de la proteasa y de la transcriptasa inversa. Esperemos que pronto estén a disposición de los enfermos.

Se encuentran en ensayos clínicos nuevas vacunas, pero actualmente, ha cobrado interés el desarrollo de vacunas terapéuticas, que son diferentes a las profilácticas, es decir, las que evitan la infección. Estas vacunas terapéuticas, se administran a personas ya infectadas, principalmente a las que se ha tratado con terapia antirretroviral de alta eficacia y que por ello tienen cargas virales bajas, y al haber poco virus, su sistema inmune no produce anticuerpos. Con estas vacunas, que constan por ejemplo, de parte de la glicoproteína gp120, se está consiguiendo que aumente o mejore la respuesta inmune.

También se ha avanzado mucho en la prevención del contagio vertical, es decir, de la madre al hijo. Para ello cuando la mujer está embarazada se le administra un medicamento, el más empleado es el AZT, el parto se practica por cesárea, para evitar cualquier contacto con la sangre materna y posteriormente se alimenta al niño con lactancia artificial, ya que la leche materna también puede contagiar al pequeño.

Una nueva línea de investigación es el estudio de correceptores. Inicialmente se pensó que la gp120 interaccionaba con el receptor CD4 de las células, principalmente los linfocitos, pero se ha comprobado que también puede interaccionar con otros, a los que se llama correceptores. Los más estudiados son el CXCR4 y el CCR5. Cuando un virus utiliza, o se une al CXCR4, se facilita la formación de sincitios, es decir, se producen agrupaciones de linfocitos, de modo que, rodeados por una membrana externa quedan los núcleos de distintos linfocitos, estén o no infectados, con lo cual, este tipo de virus es mucho más patógeno.

También se ha demostrado que en algunos casos en los que el correceptor CCR5 presenta una delección, llamada $\Delta 32$, la persona no se infecta, o la progresión de la enfermedad es más lenta, ya que al virus le cuesta o no puede entrar en la célula.

Hay que tener en cuenta que esto es posible en los países desarrollados. En países subdesarrollados africanos o asiáticos, que se han convertido en paraísos sexuales, no tienen infraestructura sanitaria, y que no pueden acceder a estos fármacos tan caros, ni se les pueden practicar cesáreas a las embarazadas, el número de casos de sida aumenta en proporciones alarmantes, y con ello los casos de muerte por esta enfermedad. Hay países en África, donde es más fácil morir de sida que de hambre, y donde el 25% de la población está infectada. El ayudar a estos países es responsabilidad de los países desarrollados, es decir, de todos nosotros.

Concluyendo, por ahora la única forma para evitar la infección, es prevenirla y por ello, hay que utilizar el preservativo ya que es el único método válido para evitar el contagio por VIH. Se utilizan técnicas para comprobar que la sangre que se emplea en las transfusiones esté libre del virus del sida. También se están realizando campañas para evitar que se compartan jeringuillas. Cambiando las jeringuillas usadas por nuevas. De este modo se está consiguiendo disminuir tanto el número de contagios por sida como por hepatitis.

EL ARTE DE INVESTIGAR

Ricardo Damián BASCO LÓPEZ DE LERMA

I.E.S. Francisco de Orellana. Trujillo (Cáceres).

¡Oye, tú, la (o el) del fondo! Mira, voy a hablarte de ciencia, de investigar, de descubrir y de esos rollos que te resultan tan lejanos. Fíjate, curiosamente, un científico de esos que se creen “de verdad”, de los que gastan millones de dólares al mes, si es “de verdad” un científico, estará ansioso de ser como tú, de tener tu edad, de ser incluso mucho más pequeño, de estar en educación primaria. ¡Qué digo primaria..., en infantil, de ser un niño de teta!... Y por muchas razones... En primer lugar por lo de la accesibilidad a la teta, para qué negarlo; y además para tener una próstata en mejores condiciones, y...

Y, hablando de ciencia, porque la tarea de un niño es precisamente la que un científico se esfuerza en sacar adelante: descubrir el mundo, asombrarse, preguntarse el porqué de todo, manipular, explorar...¿Recordáis aquello de “¡niño, eso no se hace, eso no se dice, eso no se toca!”? Pues creo que expresa bastante bien las pasiones de un explorador de la ciencia. Pero poco a poco, vamos creciendo, y nos van domesticando, y nos van haciendo un mundo “asequible” y aburrido, encajado en los esquemas que nos “colocan”. ¿Qué?... Sí, ¡no te equivocas!, tú aún tienes arranques de rebeldía. Tu mundo es diferente, es todavía un poquito tuyo, y lo defiendes con coraje. ¡Ves!: tienes el principio de un gran científico. Cualquiera de esos carcamales de pelo blanco y bata, de gafas gruesas y caras serias daría el Nobel por recuperar un poco de tu rebeldía, de tu visión del mundo. Y si no, fíjate en la cara de Einstein sacando la lengua, volviendo a ser niño: la ciencia permite recorrer el camino al revés, reírse de los esquemas preconcebidos, no tomarse nada en serio... Decía el pintor Antonio López, “*sólo los niños tienen la mirada fresca*”. Anda, échame una mano, vamos a reinventar la realidad, a construir, a desmontar los terribles esquemas que nos han impuesto... Ayúdanos a romper con la aburrida monotonía de los Institutos. Pero hagámoslo bien, no como una chapuza. Demostremos que los jóvenes podemos investigar, y darle por las narices a muchos científicos que tan sólo llevan un nombre y una nómina en la universidad. Y no digo que vaya a ser fácil, por supuesto que no, pero si lo fuera, ¿merecería la pena hacerlo?. Se trata de un reto, y sólo merece luchar por las causas perdidas... (guay, eh, como en las películas de Paco Jones, el hermano de Indiana).

Vamos a por un **proyecto de investigación**. ¡Adelante y que la fuerza te acompañe, colega!. ¡Ah!, y lo más importante: hay que pasárselo que te k-gas, si no, no vale la pena. Me decía un tío interesante, el Dr. Eugenio Santos (hoy director del Centro del Cáncer en Salamanca): “*profesor, si no te diviertes, ¡deja lo que estás haciendo!*”. Es el primer consejo.

FASE I: OPTIMISMO GENERAL.

El profe nuevo de biología ha llegado con una “chorrada” increíble: hay que desarrollar un proyecto de investigación a lo largo del curso. Es decir, a perder el tiempo de una manera nueva, a cargarnos de más trabajos y a tener exámenes diferentes... ¿no? Pues mira, a lo mejor no. Y para empezar, hay que buscar un tema de trabajo: algo interesante, llamativo, curioso,... ¿Qué tal los espíritus y las psicofonías?. ¿Y el tamaño del apéndice reproductor masculino en relación

con el lobulillo de la oreja...?. ¿Y las barritas fluorescentes que se “tragan” en las discotecas cuando se va un poco “cargaete”? ¿Y la reacción de los gatos a las canciones de Massiel?... Y... ¡y yo qué sé! **Elegir un tema** es más difícil de lo que pudiera parecer. Mira, hay que tener en cuenta varios aspectos. En primer lugar, que te motive, que **sea atractivo** (bastante KK hay ya en la vida como para hacer algo que no nos guste). El proyecto debe ilusionarnos desde el principio. De ahí ese optimismo inicial, esas ganas de comerse el mundo. Pero además, **el tema debe ser abordable**: de nada vale ilusionarse con estudiar el desarrollo de la lombriz acuática del Amazonas si vivo en medio de los Llanos de Cáceres. Hay que **ser realistas** (¡sin abandonar nunca la utopía, eh!). No vamos a descubrir la curación del cáncer, pero quizás sea un buen motivo para interesarse por las aguas residuales de las almazaras, y por qué “los rabos” de las semillas de trigo no crecen si se les riega con alpechines (¡eh!, empieza a mover esa diarrea mental! ¡Piensa...!

Más cosillas a tener en cuenta: las “perras”. Tú ahora no te preocupas de eso, pero tu profe, sí. Y los Instis no suelen dar demasiado **dinero** para “eso de la investigación”. Lo poco que llega es a base de mucho esfuerzo y papeleo del “pringao” de turno que os da clase. Por eso, tu propones el tema, pero luego hay que comentarlo con el “jefe”.

Otra cosa. Seguro que se te ocurren interesantes estudios relacionados con la gente, con su comportamiento, etc, etc: anorexia, bulimia, sexualidad, (je, je). Bueno, vale; pero la investigación debe ser en todo momento **ética** (¿sabes lo que es eso, no?. Pues si no, a preguntar al de Filosofía).

Y por último, todo **debe ser soluble**. “¿Eh?, ¿qué se disuelva?”. No, que se solucione, o al menos que sea posible solucionarlo. Es importantísimo que lleguemos a obtener algún resultado. Si no, se nos viene el mundo encima. Y conociéndote, sé que entonces la investigación será una mmmmm... insoportable!

En fin, que estamos “ilusionaos”, que todo va a salir bien, que somos los mejores y que nuestro tema es el más importante del mundo... ¡A organizarse, colegas!

¡Ah!, un último detalle. A lo mejor te ofrecen unos puntillos extra por hacer el trabajo. Bueno..., vale... no está mal sacar algo de provecho. Pero, por favor, no investigues por eso. Lo que sea hazlo por pura pasión, por disfrutar... Y si te dan algo, pues mejor que mejor. ¿OK?

FASE II.- FASE DE DESORIENTACIÓN

¡Es estupendo! Vamos a juntarnos para investigar el desarrollo del escarabajo de la patata cuando consume gusanitos de bolsa... Venga, ¿por dónde empezamos? ¡Y yo qué sé...! Pues... ¡por ahí mismo! Mira, lo primero es darnos cuenta de que no sabemos “na de na”. Vamos a **organizarnos** en equipo: hay científicos recolectores, exploradores, meticulosos observadores, manitas, filósofos, ratas de biblioteca, e incluso, poetas. Y todos vamos a ser necesarios. Y, desde el principio, todos vamos a ser creativos. Investigar (ya lo he dicho en el título), es un arte, y vosotros vais a ser unos artistas).

Lo primero de lo primero, en esta fase oscura y penosa de no saber adónde vamos ni de donde venimos, es **observar**. Y casi al momento, **plantear las preguntas que nos intrigan**. ¿Y qué preguntas hay que hacerse?. Pues procura que sean preguntas de causa-efecto, no busques nunca preguntas de causa última (lo que los filósofos llaman causa eficiente). Sólo te meterás en líos insolubles (¿recuerdas?). Por ejemplo, nunca te preguntes la razón de la existencia de una estrella; pregúntate cómo se formó, qué sucedió, qué circunstancias se dieron... (Nota aparte: como dejemos que los “espíritus” se metan al medio, la hemos jo...(pííí). Mira, decía Galileo a

los de la Inquisición: “Vosotros decidnos cómo se va a cielo, y nosotros os diremos cómo funciona el cielo”). No sé si queda claro. Bueno, más adelante volveremos a ello.

Pero dejadme que os de unos detalles acerca de la **observación**. Nosotros captamos el mundo a través de nuestros sentidos, y luego el cerebro interpreta los estímulos que le llegan. Es decir, queramos o no queramos, el mundo es subjetivo. Y eso no es bueno para la ciencia. Queremos descubrir la realidad, conocer la verdad (no nuestra verdad). Y por eso hay que tender hacia la **objetividad**. ¡Qué difícil! La mejor manera es ser preciso en lo que se observa, lo más imparcial posible, y siempre que se pueda, “medir”, cuantificar la realidad de alguna manera. Los aparatos (reglas, medidores de ángulos, cronómetros, balanzas, cámaras de fotografía y de vídeo, grabadoras de sonido, etc, etc) suelen ser mucho más objetivos que nuestros engañosos receptores. Aprendamos a descubrir su utilidad, y a manejarlos (por supuesto). Y “cuidao”, que muchos de ellos son bien caros.

Volvamos al tema. Cuando tenemos nuestras preguntas, vienen las “ratas de biblioteca”, o los navegantes internautas y empiezan a **buscar información sobre el tema**. Y, queridos colegas, hay que saber leer (y eso, la verdad, por lo que he visto, lo lleváis “mu mal”). Hay que saber leer, y hay que saber comprender lo que se lee. Te asombrarás de la cantidad de información útil que hay sobre el tema elegido, sea el que sea. Y eso no es malo: es información, pero no es tu imaginación, no es tu creatividad. Es el soporte para pensar. Cuidado con internet: es guay, pero hay tantos “árboles” en esa selva, que es posible que te satures y no llegues a informarte de nada. Curioso, verdad: el exceso lleva a empobrecerse. (y no te dediques a enredar en páginas que no vienen a cuento, OK?).

Finalmente, también en esta fase desorientadora, vamos a lo más importante: **emitir hipótesis**. Es decir, vamos a inventar posibles explicaciones a las preguntas que nos hemos hecho después de observar. Una hipótesis es un “suponer”, una interpretación creativa al problema. “La imaginación al poder”, decían en el mayo francés del 68. Y de eso se trata. Y tenéis una fuerza tremenda en la posibilidad de crear explicaciones, incluso las más surrealistas. Decía Haldane, un genetista: *“no es lo suficientemente absurdo como para que llegue a tomármelo en serio”*. Punto clave: **emitir muchas hipótesis** (Alberto Sols, un bioquímico estupendo, siempre comentaba: *“todas las hipótesis que se os ocurran y además, OAE: or anything else, por si acaso”*). Y como sois varios en el equipo, eso no es problema. En principio, todo vale. Luego habrá que demostrar cuál es la verdadera. No tengáis miedo a ser unos genios. ¿Entendido? Por cierto, muchas buenas ideas vienen a la mente en momentos de relajación, por ejemplo, “haciendo muñequitos en el baño”, durmiéndose (que no es lo mismo que estar dormidos)... Siempre, siempre, siempre... apuntadlo todo. No confiéis en la memoria.

Seguro que estás convencido de que tu **hipótesis favorita** es la mejor, y de que es verdadera, y de las demás son falsas. Pues bueno, más tarde hablamos. No te emociones.

Recapitemos: hemos hecho una observación: alguien ha observado que cerca de Castañar de Ibor hay unas charcas de agua negra, que huelen a sobaquillo de legionario, donde vierten las aguas residuales de las almazaras (las industrias del aceite, ignorante). Y, curioso, llama la atención el aspecto desolado del entorno: muy poquitas plantas crecen allí. Pregunta: ¿por qué? Hipótesis: porque a las plantas no les gusta el olor. Porque las aguas son muy ácidas. Porque el color negro pone tristes a las semillas. Porque hay bacterias “mu malas”. Porque hay algo tóxico en el agua. Porque en esa tierra, de siempre, no ha habido plantas... OAE. ¡Hala!, vamos a investigar. Y de paso, comenta alguien, vamos a hacer algo útil: “¿por qué no intentamos depurar esas aguas?”. Eso es investigación aplicada, y es extraordinariamente interesante,

porque tiene una proyección social, porque permite que la ciencia sea solución a los problemas que nos preocupan. ¡Buena idea, pero, ya sabes, más trabajo!.

FASE III.-DESCONOCIMIENTO TOTAL

Viene ahora una época terrible en el proyecto: quedamos varios días y no tenemos ni idea de lo que hay que hacer. Peor que eso: no tenemos ni idea de lo que estamos haciendo. La sensación es de inutilidad total. Verás, algunas sugerencias para estos momentos:

La primera, **consultar** con el profe, hay que orientarse, tener cierta ayuda a la hora de diseñar lo que deseamos llevar adelante, comentar la bibliografía, aprender a utilizar los aparatos...

La segunda: **¡por favor, déjate enseñar!** Quiero que estés en disposición a aprender, no tienes que demostrar nada, tienes que ser como una esponja que se impregna de todo. No te preocupes, ya empezarás a soltarte. Un día, sin saber cómo ni por qué tu mente dará un chispazo y empezarás a sacar a la luz el genio (el “duende”, no nos equivoquemos) que llevas dentro.

La tercera: **orden y limpieza**. Es muy conveniente que tengas un cuaderno de experiencias, o de campo, donde vayas anotando todo, absolutamente todo, lo que haces, piensas, sucede, condiciona... Por ejemplo, te parecerá una tontería, pero tener o no una ventana abierta, o la luz encendida, o haber ido al servicio y no lavarse las manos luego (¡guarrete!), puede cambiar por completo los resultados de un experimento...

Bueno, seguimos “p’adelante”... A todo esto ¿qué hay que hacer ahora?. Pues una vez claras las observaciones, planteadas las preguntas, y emitidas muchas, muchísimas hipótesis, hay que contrastarlas. Es decir, hay que **diseñar experimentos** que nos permitan decidir cuál es la hipótesis correcta, o cuáles son falsas... ¡Ya! me diréis, pero, con tu obsesión de tener un montón de hipótesis, nos has metido en un lío: ¿por cuál empezamos? Pues por la que más rabia os de, o por la que sea vuestra preferida, o a suertes... ¡qué más da! Mira en ciencia, hay que ir a la simplicidad. Un dicho: *no añadáis confusión a la complejidad*. Así es que, orden, y una sencilla lista.

Para diseñar los experimentos hay que tener mucha imaginación. Yo creo que esta es la parte más bonita de la ciencia, la más creativa. Aquí es donde se demuestra lo guay que somos, los duendecillos y las hadas que llevamos dentro, y los aventureros que podemos ser... Y una cosa: **los experimentos deben ser concluyentes**: es decir que nos permitan aceptar o eliminar las hipótesis. Eso es terriblemente difícil: ya lo verás. Entre el blanco y el negro hay muchos tonos de grises (es lo malo, pero también lo verdaderamente hermoso del mundo). Poco a poco aprenderemos a ser flexibles... Paciencia.

FASE IV.- PERÍODO DE CACHONDEO INCONTROLADO

Bueno, bueno... empieza aquí una etapa magnífica **para las relaciones interpersonales**, pero terrible para obtener resultados y hacer que avance el proyecto. Poco a poco, y como estábamos más “perdíos” que un pingüino en un ascensor, nos dedicamos a reunirnos y a enredar juntos... a romper algún vaso de precipitados que otro, a tragarnos colorantes violetas, a comer gusanitos, a contar chismes, a coger grillos... Y el proyecto, cada vez más y más lento, más y más “parao”...

Pues fíjate, ¡tampoco es mala esta fase!. Y te voy a contar un secreto: muchos de mis mejores recuerdos asociados a la ciencia proceden de esta época. A partir de las nueve de la noche, cuando llevas un buen rato trabajando, suelen decirse miles de millones de “gilipolleces” (con perdón), y te ríes muchísimo. Son notas que luego, cuando pase el tiempo, y vengan los

malos ratos, harán que se dibuje una sonrisa en la cara. Si tuviera tiempo te contaría mis aventuras con un negro gigantesco que fregaba el suelo del lab, o con mi terrible inglés... Un día quedamos, ¿vale?

Pero quiero aprovechar ahora para comentarte algunos detalles del **valor humanista de la investigación**. Los “de ciencias” también sentimos, y lo pasamos mal, y a muchos nos gusta la poesía, e incluso (casi siempre) nos enamoramos... Vaya, me estoy poniendo cursi. Lo dejo. Yo de lo que quería hablarte es de que un científico tiene que ser tolerante, aceptar a los demás, utilizar siempre el diálogo, ponerse en el lugar del otro, saber trabajar en equipo (no veas la de problemas que aparecen cuando hay que convivir con ideas diferentes)... Y además, honrado, no engañar, no hacer trampas... De todas maneras, no te estoy diciendo que seas un “pavo”, ni un “santo”... Como también decía Alberto Sols: *“los científicos tenemos que ser honrados, pero no hermanitas de la caridad”*. ¿Entendido? Pues uno de los valores a poner en juego, precisamente en esta etapa de cachondeo, es el de la responsabilidad. Y de eso hablaremos en la fase siguiente. ¡Ah!, no sé cuanto os puede durar esta “edad del pavo científico”. Como dice otro tío guay, mi amigo Sánchez: *“Relajarse. Y relativizar... Que lo difícil, se hace. Y lo imposible... se intenta!”*

FASES V y VI: ALGUIEN TIENE QUE HACERLO. SÁLVESE EL QUE PUEDA.

El tiempo pasa que te pasa... Érase una vez que se era un grupillo de coleguitas que quedaban para hacer un trabajo de investigación, y que se lo pasaban guay, aunque apenas avanzaban... Luego vinieron los exámenes, las vacaciones de Navidad, los K-Ts, los desánimos, los novios que nos dejaron, y los que aparecieron... Y el proyecto se fue llenando de telarañas, las placas se secaron, los ratones se murieron de hambre y de marranísimos que estaban...

Pero llegó un día, ya cerquita de los carnavales, en el que el profe vino diciendo que quedaban dos semanas para entregar los resultados, que había que tener el proyecto escrito, y que, además, había que presentarlo en un Congreso que se iba a celebrar en Cáceres, donde nos juntaríamos con otros colegas (eso no estaba nada mal, mira). Y comenzaron los sudores fríos: ¡hay que quedar de nuevo!. Y los agobios: ¡Si no nos sale nada!, ¡ya no tenemos tiempo!..

Los primeros intentos son tremendos: los “escaqueos” están a la orden del día, poco a poco van quedando sólo los pringaos, las discusiones se suceden (mala época para las relaciones de grupo, ¿eh?. Incluso hay amenazas de “echar a gente”, de forzar las cosas... Pero, como siempre, ¡calma ante todo! *El ejército español nunca retrocede... Da media vuelta y sigue adelante.*

En estos momentos la tolerancia, y el esfuerzo, el ánimo inquebrantable y la autoestima han de estar bien altos. Y un detalle del que quiero hablarte: ahora estamos muy poco acostumbrados a que las cosas nos salgan mal. Tenemos, dicho con palabras bonitas, un bajo nivel de aceptación del fracaso y de la frustración. Y tendemos a considerarnos unas (voy a decirlo con todas las letras, eh) mierdecillas porque no nos sale lo que queremos, o porque no tenemos éxito (cuando, en realidad, se debe muchas veces a la opinión de algún “capullo”, con perdón). Bueno, que lo que quiero decirte es que no te desanimes, que vales mucho, que el esfuerzo es enorme, que merece la pena conocerte y saber que dedicas un tiempo que podrías estar con los amigos o con quien sea para venirme aquí a sacar algo adelante... Y que eres guay, ¡hala!

FASE VII.- BÚSQUEDA IMPLACABLE DE CULPABLES.

Pero dejemos los elogios. El proyecto hay que acabarlo. Ten claro que al final la tarea será tan sólo de unos cuantos, y que no se trata de echarle la culpa a nadie, aunque quizás haya

habido falta de responsabilidad por parte de algunos (o de todos). Además, eso de cargar a alguien con el mochuelo sólo sirve para aliviar conciencias, y suele acabar en la siguiente fase...

FASE VIII.- CASTIGO EJEMPLAR A INOCENTES.

Acabamos hablando con el profe, contamos nuestras versiones, nuestra “subjetividad” (qué lejos estamos ahora de la ciencia), y los más “desgraciaos” acaban pagando el pato. Lo peor de todo, es que el proyecto, de esta manera, no avanza nada. Sé que lo que te estoy contando ahora no es ciencia-científica, pero quiero que la investigación sirva, sobretodo, para educar en valores, en la comprensión y en el respeto. Y en el cariño, también, ¡hombre!. Y si no, es mejor que lo dejemos. Vuelvo con una frasecilla de alguien a quien admiro un montón, Santiago Ramón y Cajal: *“En la ciencia, como en la vida; el amor precede al fruto...”*. Sobran más palabras, ¿verdad? Sé que en estos terrenos me entiendes bien. Pues sigamos...

FASE IX.- RECUPERACIÓN DEL OPTIMISMO PERDIDO.

Bueno, pues sin saber cómo, tenemos de nuevo ganas de trabajar, de sacar esto adelante. Y ahora, curiosamente, las ideas nacen a montones. Hay que aprovechar el tiempo. Es el momento de diseñar experimentos, y de hacerlos bien. Quisiera detenerme un momento en hacer dos comentarios. Primero: nunca te dejes guiar por la **intuición**. Eso sólo sirve en las películas. Muy pocos de nosotros somos unos genios (bueno, vale, tu un poco; pero que no se te suba a la cabeza), y hay que avanzar con paso firme, despacio pero seguro. El segundo: eso de la **suerte** es otra trola (si acaso, funciona la mala). Como Pasteur señalaba: *“la suerte favorece sólo a las mentes preparadas”*. Es decir, que el que trabaja mucho y bien acaba teniendo suerte (¡no te j...!, ¡vaya descubrimiento el de ese tal Pasteur!). En otras palabras, que si estás preparado, puedes darte cuenta de aquello importante que hará te avanzar y descubrir. Lo demás lo llamarán suerte...

Otra cosa. Cuando vayas haciendo experimentos y obteniendo resultados, no todos tienen que ser los que deseas. Eso sería hacer ciencia a tu imagen y semejanza, y el mundo, por suerte, es autónomo. Y tampoco tienen que ser los que a tu “jefe” le gustarían. ¡Cuidadito aquí, colega! El deseo de agradar, de conseguir lo “guay”, puede ser tan fuerte que acabamos viendo y obteniendo lo que queremos ver y obtener. ¡Peligrosísimo!.

Más, y ya casi acabo: que lo que hagáis lo hagáis bien. No valen las chapuzas. De esa manera no conseguiremos más que caer en el descrédito, y bastante mala prensa tenemos ya los jóvenes como para que encima los científicos “de verdad” se rían de nuestras “cositas”, y acaben pensando que estamos jugando. Mi ilusión, y espero que también llegue a ser la vuestra, es hacer ciencia respetable desde el Instituto, demostrar que valéis, y que podéis (que podemos) hacer grandes cosas.

La ilusión vuelve a casa, chaval. Vamos a comernos el mundo.

FASE X.- TERMINACIÓN INEXPLICABLE DEL PROYECTO

Queda ya poco. Vamos a hablar ahora de los experimentos que hay que hacer, de cómo hacerlos y de cómo interpretarlos. Es decir, de algo tan difícil como chulo: **el contraste de hipótesis**.

Supongo que ya estamos trabajando con ganas, que van saliendo resultados, que los vamos anotando, que entendemos algunas cosillas y que no comprendemos un montón. Pues con todo eso debemos reunirnos en equipo, revisar lo que tenemos, comparar los datos obtenidos con las suposiciones de las hipótesis, y desechar las que no encajen con las evidencias que ya poseemos. La realidad va siendo poco a poco dominada. Esto **es contrastar las hipótesis**. Es un

ejercicio de diálogo, de tolerancia, de flexibilidad, de argumentación y de claridad mental. Y es mejor hacerlo entre todos. Por cierto, aquí vienen los malos tragos de tener que tirar a la basura la hipótesis favorita (a veces viene muy bien hacer de abogado del diablo, entérate de qué es eso, anda).

No te agobies si después de obtener resultados sucede que alguien ya los había encontrado. “Pos bueno”. Eres estupendo: queda claro que lo has hecho todo bien. Pero, ahora, partiendo de esta base, habrá que trabajar duro, y echarle ganas y creatividad. Y si los resultados son inéditos. “Pos bueno”. Eres estupendo: acabas de descubrir algo que nadie antes había descrito. Pero... habrá que trabajar duro, y echarle ganas y creatividad...¿Por qué? Porque no me fío. A lo mejor nos hemos equivocado en algo... Y aquí llega lo que yo llamo la **magia de los números**, la estadística. Un resultado, por bonito que sea, no será fiable hasta que no lo hayamos repetido un número suficiente (significativo, se dice) de veces. No me voy a meter ahora en estos berenjenales, pero consulta al de Mates para que te informe de eso de la Estadística. ¿Vale?

Y un día sin saber ni cómo ni por qué llega el momento en que hay que decir que esto tiene buena pinta, que ya merece que alguien nos escuche. O sencillamente, que se nos ha acabado el tiempo. El caso es que todo va chulísimo, colega. Bueno, por lo menos, a nosotros nos gusta. Y eso es lo importante.

FASE XI.- PREMIOS Y CONDECORACIONES A LOS QUE NO HAN INTERVENIDO

Y llega uno de los grandes momentos: el **Congreso**. Tenemos nuestros datos, nuestros resultados, nuestras fotos... Hay que montar un póster (una especie de panel donde aparezca clarito lo que hemos hecho), o prepararse una charla. Vamos a ir a una reunión donde otros como nosotros van a contar también lo que han hecho, como nosotros. La ciencia, coleguita, sólo tiene sentido si se difunde, si se da a conocer... Pasamos del corte y de la vergüenza, y vamos a hablar en público, a defender lo que hemos hecho, a emocionarnos y a emocionar a los demás. ¿Sabes?, Cajal, en Alemania, agarró del brazo a uno de los grandes sabios de la época, que no le estaba haciendo ni caso, y lo sentó delante del microscopio... El hombre quedó asombrado de lo que vio: ¡las neuronas eran células independientes!. Comenzaba el camino al Nóbel. Hay que echarle cara. Y respeto... Pero mucha cara.

No tengo ya ganas de seguir enrollándome con todo esto, y prefiero dejar para otra ocasión todo lo referente a **Congresos y publicaciones**. Pero te diré, muy por encima, que hay que llegar prontito, conocer un poco el programa, ver en el libro de resúmenes las charlas y ponencias que te gustan o te interesan, no leer mientras expones tu trabajo, estar dispuesto a preguntar y a responder preguntas, etc, etc. ¡Ah!, muy importante: y a hacer buenas relaciones. (Un secretillo: por supuesto que se puede ligar. Y a veces viene muy bien. Mira, dicen que Watson, el del DNA, se trabajó a Rosalind Franklin, una colega que estaba de bastante buen ver y tenía interesantes datos acerca de la estructura de los ácidos nucleicos... No sé que habrá de verdad en eso..., pero a Watson le dieron, junto con Crick, un premio Nóbel de extraordinaria importancia... ¡Ya sabes, ...y piensa lo que quieras!). Bueno, eso, que a hacer buenas relaciones (con físicos, biólogos, matemáticas, psicólogos... La ciencia es amplia, ¿verdad?).

En muchos congresos y reuniones de investigadores suele haber **premios**. En los nuestros, en Cáceres y en Santander, decidimos que no los habría. Y es que muchas veces no se ajustan a la realidad del esfuerzo que hacemos, y son decepcionantes para una mayoría que no los recibe sin comprender el porqué. Creemos que el trabajo de todos es digno de ser reconocido, y nuestro premio es precisamente estar juntos ese día, compartir y conocer gente con aspiraciones e

ilusiones próximas a las nuestras. Por eso, y aunque a veces suceda lo que encabeza esta fase XI, no hagas mucho caso al tema, y ya sabes: tolerancia, y ¡a divertirse con lo que hagas!.

Nada más, chavalín (o chavalina). Por cierto, me vais a perdonar, pero he pasado de escribir en masculino-femenino durante todo el tiempo (y el neutro no es lo mío). Me salió en “machote” y seguí así. La ciencia no es machista ni feminista, de verdad. He conocido durante todo este tiempo a científicas geniales (bueno, ahora tengo un grupo de cuatro hadas increíbles), y a inútiles con un apéndice de sobra... Y también a chicas que sólo iban a enredar y a tipos que eran únicos... Todos estamos hechos de la misma pasta, y en la ciencia eso queda al descubierto: al que mejor usa las neuronas, mejor le va... Y lo de las notas, tampoco dice mucho acerca de las personas...

Comenzaba mi artículo hablando de la pasión por investigar, y quiero acabar hablando de la pasión por enseñar. A pesar de los problemas diarios, de la desgana, del poco interés de la gente, os aseguro que me basta encontrar unos ojos allá, al final de la clase, que me miren, y que de ellos salga un destello de ilusión. Con eso me es suficiente. De verdad. Y ojalá seas tú. Bueno, estoy seguro de que vas a ser tú, la (o el) del fondo. ¿O no?.

¡Hala, a disfrutar!..

LA ALIMENTACION SANA EN LA SOCIEDAD DEL BIENESTAR

José María VEGA PIQUERES

Catedrático de Bioquímica y Biología Molecular. Universidad de Sevilla.

1. Sociedad del bienestar o sociedad de consumo

La sociedad en los países desarrollados, como el nuestro, tiene unas características definitorias, como, por ejemplo es el alto grado de industrialización, buenas comunicaciones, infraestructuras confortables. Las ciudades concentran grandes masas de población, se llenan de coches y están habitualmente contaminadas. Las casas tienen calefacción/aire acondicionado, electrodomésticos y albergan familias con pocos hijos y acomodadas. El ciudadano suele tener alto poder adquisitivo y es consumista por excelencia, trabaja mucho, vive muy deprisa, come rápido y mal y es sedentario. Fuma, bebe y está sometido a un alto estrés, por lo que su riesgo de presentar enfermedades degenerativas, sobretodo de tipo cardiovascular, es muy alto.

El consumo es un hecho diferencial de nuestra sociedad, y lo identificamos con frecuencia con el bienestar. Curiosamente, en esta sociedad de consumo hay un gran número de personas que se sienten muy solas, que no hablan con nadie (no como en las sociedades menos desarrolladas, donde existe una mayor interacción entre las personas) y por tanto, ver frecuentemente la televisión, o el ir a unos grandes almacenes o complejos comerciales, es su forma de interaccionar socialmente, que necesariamente implica consumir. El consumo básico, es decir nuestras necesidades nutritivas, pone de relieve una dieta defectuosa que está detrás de importantes problemas de salud, por lo que si ahora adquirimos conciencia de nuestros defectos dietéticos, mañana gozaremos de una buena calidad de vida. Sólo por medio del conocimiento llegaremos a ser ciudadanos libres.

2. Ingesta de alimentos: factores que influyen en la dieta

La dieta es el conjunto de alimentos que ingerimos con regularidad para abastecer nuestras necesidades. Los factores que influyen en nuestra dieta son, entre otros, la necesidad, apetito y placer, la producción de alimentos, y sobretodo la manipulación social.

a) La necesidad

El hombre necesita que los alimentos le suministren **energía** para mantener las funciones vitales, el trabajo desarrollado por los órganos internos, el corazón, los pulmones, etc, así como el trabajo muscular, andar, correr, etc. Los combustibles alimentarios son carbohidratos, lípidos y proteínas, que hemos de ingerir de forma equilibrada y compensada. La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda la proporción 60:30:10, para los combustibles en la dieta, en el sentido que el total de la energía sea suministrada, un 60% por





carbohidratos, no más del 30% por lípidos y no más del 10% por proteínas.

Los seres vivos son máquinas termodinámicas que trabajan a temperatura y presión constantes. Pueden utilizar, como fuente de energía, la luz solar (organismos fotoergónicos) o la energía química asociada a los enlaces de moléculas orgánicas reducidas (organismos quimioergónicos), pero no pueden utilizar calor. La Bioenergética es el estudio cuantitativo de las transacciones energéticas que ocurren en los seres vivos, así como la naturaleza y función de las reacciones químicas que subyacen.

Toda reacción química está influenciada por dos fuerzas; 1) la tendencia a alcanzar unos enlaces más estables (que representa la entalpía, H) y la tendencia a alcanzar el más alto grado de desorganización (que representa la entropía, S). El cambio de energía asociada a una reacción química vendría dado por la siguiente expresión, $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$, siendo T la temperatura absoluta, en grados K. La forma que tienen los seres vivos de utilizar la energía de Gibbs, es recogerla, antes de que se libere como calor, en forma de enlace rico en energía, como es el caso del **ATP** (compuesto rico en energía). El ATP puede donar su energía fosforilando un compuesto, o bien acoplando su hidrólisis a una reacción endergónica, para que la suma global de las dos reacciones sea exergónica. En el caso particular de las reacciones redox se pueden producir también compuestos energéticos redox, como NAD(P)H, FADH₂, o FMN₂.

Además, no hay que olvidar que los alimentos también deben proporcionarnos los **nutrientes esenciales** para completar y renovar toda las estructuras que se desgastan continuamente o bien el crecimiento y el mantenimiento óptimo de nuestro metabolismo. Entre aminoácidos, ácidos grasos esenciales, vitaminas y minerales necesitamos unos 50 nutrientes diferentes, cuya garantía de abastecimiento sólo es posible con una dieta variada.

b) Apetito y placer

La ingesta de alimentos es de tanta importancia para la supervivencia del individuo que existe una permanente tendencia a comer, que está a su vez inhibida por el sistema neuroendocrino. El sentido del gusto condiciona mucho el tipo de alimentos que ingerimos, sobretudo en niños y mayores. Cada una de las papilas o botones gustativos de la lengua contiene 100 receptores que responden a diferentes sabores: dulce, salado, agrio, ácido, y glutamato (proteínas), además también se cree que podemos percibir las grasas. Estas células se estimulan y envían su señal eléctrica hasta el cerebro. El sabor dulce es ampliamente aceptado por la población y la industria alimentaria no sólo usa, sino que abusa de él en los alimentos. Es importante indicar que nuestra dieta ha de ser variada y que con frecuencia lo que nos gusta no es lo que nos conviene.

En este contexto tenemos la **obesidad** que es un trastorno metabólico crónico caracterizado por un balance energético positivo a lo largo del tiempo, que conduce a un depósito de grasa excesivo. Para ser más precisos, se considera obesidad al exceso de peso referido a una edad, sexo y talla determinada. La obesidad ha sido denominada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) la epidemia del siglo XXI, debido a su influencia y a su incremento en los últimos años. Se puede medir en términos clínicos por el índice de masa corporal (IMC) que es el factor

resultante de dividir el peso del individuo, en kilos, por el cuadrado de la estatura, en metros. Si el IMC resultante es menor de 25 kg/m² estamos dentro de la normalidad, si está entre 25-30, se trata de personas preobesas, si es superior a 30 existe obesidad, y si fuera superior a 40 estaríamos ante casos de obesidad mórbida. La obesidad se manifiesta en diferentes épocas de la vida y ha pasado de ser un problema estético a una enfermedad que ocasiona graves problemas personales, sanitarios y sociales. El 13,4% de la población española tiene problemas de obesidad, siendo un 11,5% hombres y un 15,2% mujeres, y ello ocasiona costes superiores a 2.500 millones de €/año. Estas cifras aumentan con la edad, pues además el envejecimiento influye en la distribución del tejido adiposo, que se concentra en el abdomen. La obesidad se muestra en torno al 22% en hombres y al 32% en mujeres cuando se han alcanzado los 60-65 años. Lo preocupante es que la obesidad ha aumentado significativamente en la última década, de modo que para el año 2030 se calcula que el 50% de la población en las sociedades desarrolladas será obesa.

La dieta hipercalórica y el sedentarismo son las causas que generan el depósito de grasa en el cuerpo, pero además hay factores de riesgo, de tipo personal o ambiental. La idea de una predisposición congénita a la obesidad está recogida desde 1842 en los tratados de medicina, pero los estudios a nivel molecular empezaron hace unos diez años. Las primeras mutaciones responsables de la obesidad se descubrieron en 1994 en el ratón, y en 1997 en el hombre. Hoy hay inventariados una serie de genes en ratones en los que una mutación provoca obesidad, siendo el más importante el gen responsable de la producción de la hormona llamada leptina, una proteína producida por los adipocitos, que informa al cerebro del estado de las reservas energéticas y produce una regulación del apetito y de la masa corporal. Actúa sobre el hipotálamo y hace que este segregue una serie de sustancias y genere una serie de eventos que conducen a la disminución de la ingesta. Existen personas que carecen de leptina, no pueden controlar la ingesta y ello les acarrea una obesidad severa. Por otra parte, si se le inyecta leptina de forma controlada, el paciente adquiere un peso normal para su edad.

Por otra parte, también intervienen en el control de la ingesta alimentaria y del gasto energético, las hormonas tiroideas, corticoides, insulina y endorfinas, con la participación de muchos genes que inciden en una mayor o menor predisposición a la obesidad. Los espectaculares progresos conseguidos en el conocimiento del genoma humano auguran importantes avances en el tratamiento de la obesidad.

La "Metropolitan Insurance Company" identificó en 1959 la relación entre exceso de peso y mortalidad anticipada. Estudios recientes han determinado que a partir de un IMC de 25 la mortalidad en adultos obesos aumenta un 30%. Los fallecimientos anticipados que se relacionan con la obesidad se deben principalmente a enfermedades cardiovasculares y cáncer, especialmente de colon.

Lo adecuado para tratar la obesidad es un plan estratégico integrado, que incluye principalmente la modificación de los hábitos alimentarios y el aumento del ejercicio físico. Los avances científicos y técnicos están permitiendo conocer con mayor rigor científico los mecanismos íntimos que determinan el desarrollo de la obesidad y, por tanto, su tratamiento. Sin embargo, la prevención es la mejor arma terapéutica para un problema de tan importantes consecuencias para la economía de un país y la salud de sus ciudadanos. Invertir en educar a la población desde la infancia, informar y saber como conseguir una alimentación equilibrada, despertando el interés por el ejercicio físico, es el camino que hemos de seguir.

c) La producción de alimentos

Con el desarrollo de la industria del frío, que permitió una mayor y mejor conservación de los alimentos, aumentaron las industrias alimentarias y los alimentos manufacturados en los mercados. Por otra parte, las nuevas tecnologías han llegado a la agricultura sostenible y los alimentos transgénicos son el paradigma de los nuevos alimentos que ya inundan nuestros mercados. ¿Cómo nos afecta esta situación?

Una característica de los alimentos manufacturados es su rápida disponibilidad, y su alto contenido en sal y grasas saturadas. Las industrias usan la sal porque con ella preservan un poco más los alimentos, ya que la sal inhibe el crecimiento de microorganismos, y además nos incitan a beber más, o lo que es lo mismo a consumir más. Pero tiene consecuencias negativas para nuestra salud, como es la aparición de la **hipertensión** y sus graves consecuencias en la incidencia de enfermedades cardiovasculares. A ello contribuyen también las grasas saturadas, utilizadas para dar sabor y enjundia a los alimentos. Es la relación sodio/potasio el factor que incide directamente en el riesgo de hipertensión, siendo el sodio suministrado por los alimentos manufacturados y el salero, mientras que el potasio es de procedencia vegetal.

Los **alimentos transgénicos** son, por otra parte, un tema muy debatido en la actualidad. ¿Qué son? Guardan relación con los organismos modificados genéticamente (OMG), que pueden ser microorganismos, plantas y animales. Entendemos por alimentos transgénicos aquellos que integran en todo, o en parte, estos organismos modificados, o bien que hayan participado en su producción. Tenemos todo tipo de alimentos transgénicos en el mercado, frescos, procesados y/o manufacturados, pero ¿son peligrosos para el hombre? La peligrosidad debemos entenderla como 1) directa para su salud, 2) para el medio ambiente, o bien, 3) el efecto sobre los mercados alimentarios. Hasta ahora no se ha reportado nada importante en cuanto al posible efecto nocivo de los alimentos transgénicos sobre la salud del hombre. Tan sólo se han publicado algunos casos de alergia, que fueron adecuadamente detectados y resueltos.

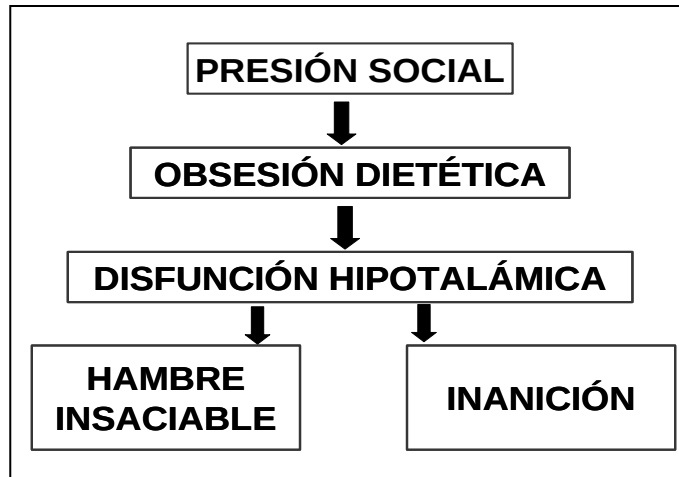
Mucho se ha debatido acerca del efecto de los alimentos transgénicos sobre el medio ambiente, en cuanto a que puedan alterar el equilibrio de las especies en un ecosistema, o incitar al agricultor a utilizar más herbicidas de los necesarios. El efecto sobre la biodiversidad también se considera negativo, si bien todavía no tenemos la experiencia temporal suficiente con estos alimentos, para asegurar o negar nada en este sentido. Podemos decir que estamos ante inquietantes posibilidades contra el medio ambiente, no confirmadas hasta la fecha.

Por último, los alimentos transgénicos son, por otra parte, el resultado de una investigación científica punta, desarrollada y patentada por las empresas más avanzadas, radicadas en Estados Unidos, lo que hace posible que la producción de alimentos por esta vía pueda ser monopolizada por unas pocas empresas, perjudicando seriamente a los pequeños agricultores, y pondría el control del abastecimiento alimentario en manos de unos pocos.

d) La manipulación social: anorexia y bulimia.

La **manipulación** de la dieta se basa en la necesidad de comer que tiene el hombre, lo que nos hace especialmente vulnerables, pues una parte importante del presupuesto de una familia se va en llenar la cesta de la compra. En este sentido se han modificado los hábitos alimentarios de la población para llevarnos a una forma de comer diferente, caracterizada por el uso de productos elaborados (hamburguesas, bollería, salchichas, etc.), en algunos incluso contraviniendo lo establecido por siglos de tradición. Estos productos suelen ser muy asequibles para la población y de fácil venta.

La manipulación de las personas es muy evidente en la sociedad de consumo, particularmente los niños, que son el sector más débil y manipulable de la población. ¿Quién se resiste a hacer feliz a un niño, aunque sea por unos minutos? Este resquicio en nuestro instinto se utiliza para hacer más de un gasto inútil que no beneficia a nadie. En nuestra sociedad ya han saltado las alarmas avisando del aumento de la obesidad infantil, y los altos niveles de colesterol en sangre que presenta esta población.



Resulta cada vez mas frecuente que la manipulación llega muy lejos, sobretudo en adolescentes, a los que de forma machacona se les hace llegar el mensaje de relacionar la belleza con la delgadez, cuando es obvio que ellos perciben, además, que la belleza es una forma de persuasión y de poder sobre los demás. Implícitamente se les dice que, si siguen los consejos publicitarios podrán participar de ese poder o esa belleza que tienen los modelos utilizados. Como consecuencia de esta manipulación se genera una obsesión por la delgadez, y por tanto por la dieta, que hace que estas personas sufran una disfunción hipotalámica, con síntesis de péptidos anorexigénicos que inhiben fuertemente el apetito, lo que tiene como resultado la inanición más severa. Estamos ante la anorexia nerviosa y cuando se cae en ella se necesita ayuda especializada para superarla, y existe un riesgo evidente de muerte.

La manipulación también afecta a los adultos, no hay mas que ver las recetas de cocina o bien las dietas milagro que aparecen antes de ponerse el biquini, o después de las fiestas en las que hemos ganado algún kilo de más. Ocupan numerosas páginas en revistas de todo tipo, pero muy especialmente de las dedicadas a la mujer.

3. Recomendaciones para una dieta sana

La Sociedad es consciente de estos problemas que hemos discutido y, con el ánimo de suministrar a la población unas referencias válidas, que nos permitan adquirir unos hábitos alimentarios correctos y nos ayuden a prevenir enfermedades degenerativas, se edita la famosa pirámide alimentaria, donde encontramos unas recomendaciones dietéticas basadas en estudios epidemiológicos. Recientemente, en el año 2003, se ha revisado la pirámide existente, ya que, a pesar de su reconocida eficacia, se han detectado fallos, que hay que corregir. La **nueva pirámide nutricional** se basa en primer lugar en el ejercicio moderado; ya lo dice el refrán, “la salud no está en el plato, está en la suela del zapato”. También en el control del peso. La obesidad no es cardiosaludable, no podemos arrastrar el doble del peso para el cual está diseñado nuestro organismo. En la base de la pirámide tenemos los aceites vegetales, en especial el de oliva (el nuestro, el extremeño es de los mejores), los cereales integrales (la fibra sigue siendo importante), así como las verduras y hortalizas, cuya ingesta se recomienda a diario. También se recomienda beber 2 litros diarios de agua, y curiosamente este es un apartado que cumplimos muy poco. Los lácteos, legumbres, arroz y pastas están recomendadas al menos tres veces por semana, así como huevos, pescados y carne. Debemos ser moderados en el uso de suplementos vitamínicos y alcohol. Por su parte, se recomienda que los dulces y grasas saturadas se ingieran lo menos posible. De todo esto se deduce que han tenido que pasar

décadas para que los científicos se convenzan de que la dieta tradicional mediterránea, que hemos llevado en nuestra tierra, es científicamente buena para la salud. Pero yo añadiría que también contribuye a eso el carácter de las personas y su actitud ante la vida, el clima que gozamos, la siesta, una vida no tan consumista y más interactiva. La calidad de vida es lo que hemos de conseguir y la dieta es un condicionante básico para ello.



WILLET, W. C. y STAMPFER, M. J. (2003). **Nueva pirámide alimentaria**. *Investigación y Ciencia*, Vol. Marzo, pp 54-61.

LA ANTÁRTIDA EN EL CONTEXTO DEL PLANETA TIERRA

Josefina CASTELLVÍ

Oceanógrafa, ex directora de la base antártica Juan Carlos I

La característica más genuina del Planeta Tierra es la existencia de vida que a lo largo de millones de años ha evolucionado hasta el estado actual. Para que exista vida es imprescindible una estabilidad climática que garantice que la temperatura se mantenga dentro de unos intervalos que son los compatibles con la vida.

El hecho que el eje de rotación de la Tierra esté inclinado respecto al plano de la eclíptica hace que no todo el Planeta reciba la misma cantidad de energía solar. En este sentido la Tierra está dotada de mecanismos para lograr un reparto de la energía que le asegure la estabilidad térmica: los océanos.

El 75% de la superficie terrestre está ocupada por grandes masas de agua que son capaces de calentarse en las zonas tropicales y, mediante las corrientes marinas, transportar la energía térmica a otros lugares más fríos. La tendencia hacia el equilibrio calorífico que manifiesta el sistema natural hace que se produzca, de manera permanente, un transporte energético desde las bajas latitudes hacia las zonas frías del Planeta hecho que determina la regulación térmica a nivel global y, en definitiva, el equilibrio climático del Planeta. En realidad la Tierra puede considerarse como una gran máquina térmica cuya zona caliente es la tropical y que enfría el exceso de calor en los polos, particularmente en el polo Sur.

La imagen de la Antártida vista desde el espacio varía notablemente a lo largo de las estaciones. Durante el verano austral los límites de la Antártida se mantienen prácticamente en la línea de costa del continente si se exceptúan las dos grandes barreras de hielo perpetuo (mar de Weddell y mar de Ross) Durante el invierno la superficie del mar se congela y el hielo se extiende en dirección Norte unos 1.000 km lo cual hace que el continente se encuentre atrapado dentro de un inmenso anillo de hielo. En este momento la extensión del hielo antártico ha aumentado 20.000.000 km² con respecto al verano. Desde el punto de vista energético este es el fenómeno de mayor actividad que tiene lugar periódicamente en el Planeta. Cada año en aproximadamente 100 días se produce la formación y fusión de 16.000.000 de km² de hielo.

Este crecimiento de la superficie sólida alrededor de la Antártida provoca un enfriamiento progresivo del continente en un proceso que se alimenta a si mismo. Por un lado el sistema está afectado por una pérdida de energía generada por el incremento de la superficie blanca, la pureza de la atmósfera y la pobreza de vapor de agua que hacen que haya una mayor reflexión de la energía solar incidente. Por otro, al aumentar el diámetro de la extensión sólida las regiones centrales van quedando más alejada del aporte energético que supone el contacto con las agua oceánicas subantárticas. Al avanzar el ciclo estacional el fenómeno de enfriamiento se va intensificando lo que hace que, de manera constante, se mantenga el balance energético negativo de esta zona del Planeta.

El peso de la gran cantidad de hielo acumulado sobre la superficie de la Antártida hace que la masa continental esté hundida por debajo del nivel del mar. A pesar de este hecho la

Antártida es el continente más elevado en lo que respecta a altitud media que está alrededor de 2.000 metros.

En la parte central del continente, donde hay espesores de hielo de más de 4.000 metros, la sequedad es extrema y comparable a la de un desierto. Los valores medios de precipitación en forma de nieve son de aproximadamente 3 mm por año, pero a pesar de estas bajas tasas la nieve se acumula año tras año alimentando los glaciares que se desplazan a través de los valles que conectan la parte central del continente con los frentes marítimos. Cuando el glaciar llega al mar desprende grandes bloques de hielo que empiezan a navegar dejándose transportar por las corrientes marinas. Los icebergs así formados pueden tener varios kilómetros de longitud lo que les hace ser verdaderas islas flotantes que suponen un gran peligro para la navegación.

La Antártida es un continente virgen donde se esconde una gran cantidad de información sobre el pasado del Planeta Tierra. La investigación científica es absolutamente necesaria para conocer las evoluciones de este pasado y así entender el funcionamiento del sistema natural y poder predecir las evoluciones futuras.

LA VIDA Y SUS MOLÉCULAS

Carlos LÓPEZ OTÍN

Dpto. de Bioquímica y Biología Molecular de la Universidad de Oviedo.

La fascinante armonía con la que se desarrolla la aventura bioquímica de la vida, deriva de complejos mecanismos moleculares que comenzaron a organizarse hace más de 3.000 millones de años, en algún lugar del planeta que hoy nos acoge. Fue entonces cuando, en medio de un profundo caos químico, se formaron unas primitivas células capaces de experimentar con éxito procesos de replicación, división y evolución, hasta generar el maravilloso panorama de diversidad biológica que el mundo muestra ahora ante nuestros ojos. Sin embargo, ha transcurrido mucho menos tiempo, apenas 50 años, desde que un grupo de científicos intuyó que la esencia de la vida podía llegar a explicarse a través del estudio de las estructuras, funciones y transformaciones de unas pocas macromoléculas de interés biológico.

El descubrimiento por James Watson y Francis Crick de la estructura en doble hélice del ADN, la definición por parte de Arthur Kornberg de los mecanismos de replicación del ADN, y el desciframiento del código genético por Severo Ochoa, entre otros brillantes investigadores, constituyeron los hitos fundamentales sobre los que se cimentó el desarrollo de la Biología Molecular. Pocos años después, y como herencia científica directa de estos nuevos conceptos moleculares, se desarrollaron tecnologías mediante las cuales el ADN se pudo aislar, fragmentar y multiplicar de forma ilimitada. Además, se establecieron procedimientos para combinar los ADNs de distintos organismos, y con ellos producir proteínas con las características deseadas. Muchas de estas proteínas recombinantes ya se utilizan en la actualidad para tratar enfermedades como la artritis, la diabetes o diversos tipos de cáncer.

La Biología Molecular, a través del Proyecto Genoma Humano, también nos ha aproximado al deseo de desvelar nuestros secretos moleculares más complejos. Así, hoy conocemos el orden preciso de los 3.000 millones de nucleótidos que configuran nuestro material genético, y la forma en la que estas unidades químicas se organizan para construir los aproximadamente 25.000 genes que determinan nuestras características como especie y que nos hacen únicos y distintos a todos los demás seres vivos del planeta. De la misma manera, y apoyados en las nuevas técnicas de investigación biológica, hemos dirigido la atención hacia los genomas de otros organismos para compararlos con el nuestro y así, extraer importantes lecciones acerca de las funciones que se han ido adquiriendo, modificando o incluso perdiendo, a medida que nuestra especie fue ascendiendo peldaños en la escala evolutiva. Estos ejemplos pueden ilustrar la importancia de una joven disciplina científica que en su breve historia ha cambiado nuestra forma de entender la vida y que probablemente en el futuro, llegue a modificar nuestra manera de vivir y de enfrentarnos a las enfermedades que hoy nos abruma. Sin embargo, también debemos recordar que una buena medida de la vitalidad de una disciplina científica es el número de preguntas a las que todavía no puede ofrecer respuestas. En este sentido, la nueva Biología ha demostrado su madurez al señalarnos con notable claridad algunas de las fronteras actuales de nuestro conocimiento. Así, y dado que un organismo es mucho más que una gigantesca secuencia de nucleótidos o una amplia colección de genes, resulta imprescindible conocer la manera en la que la información genética se regula en el espacio y en el tiempo para realizar con

absoluta precisión y eficacia los miles de reacciones bioquímicas que permiten cada instante de vida en cada organismo, de la bacteria al hombre. Asimismo, y tras esta era genómica felizmente inaugurada hace unas pocas décadas, ya estamos asistiendo al desarrollo de una era epigenómica y proteómica presidida por proyectos dirigidos al estudio de los complejos mecanismos de regulación de la expresión génica y al análisis de las estructuras tridimensionales, funciones e interacciones de las proteínas que ejecutan las instrucciones vitales especificadas en nuestros genes.

Estas nuevas aproximaciones encontrarán su máxima repercusión en el campo de la Medicina Molecular, esa Medicina individualizada, predictiva y regenerativa que ya se anuncia, y cuyos fundamentos también han surgido del progreso alcanzado por la Biología Molecular. Finalmente, es indudable que la complejidad de la vida hará que nuevos retos vayan apareciendo. Por eso, hoy más que nunca, es tiempo de mirar hacia el futuro y animar a las nuevas generaciones de estudiantes a disfrutar de la Ciencia y a participar directamente en la exploración curiosa y profunda de un universo pequeño pero maravillosamente complejo: el que late en el interior de cada célula de cada organismo vivo.

CARTA DE FIN DE CURSO A MIS JÓVENES INVESTIGADORES

Rafael MARGALLO TORAL

IES Ricardo Bernardo. c/ Mies del Corro s/n. 39 710 Solares (Cantabria).

Querido/a amigo/a: Ya se acaba el tiempo que nos propusimos estar juntos: un curso entero. Si, ya ha pasado, se hizo largo, costoso, ameno, aburrido, agobiante; ha habido de todo, es cierto, pero ya llega a su final y es hora de hacer valoración del mismo. Te doy las gracias por haber elegido esta optativa.

Me siento afortunado de haberte tenido como alumno/a y haberte enseñado todo lo que he podido en esta materia que para mí es dedicación total y absoluta desde hace años, aquello con lo que soñé cuando tenía más o menos tu edad.

Cuando llegué a este centro en 1993 y me dijeron que tenía que impartir Psicología supuso un regalo para mí. Hasta ese momento había trabajado como psicólogo pero solo había impartido clases de otras materias. Son catorce cursos disfrutando con mis alumnos y alumnas, tratando de entusiasmarlos con los conocimientos que aporta esta área, entrando en un mundo que anteriormente os resultaba desconocido a la vez que atractivo y que imponía un poco. Al comenzar mi primer año y comprobar que no había libros de texto adecuados a vuestro nivel comencé preparando apuntes, sacándolos de distintos libros universitarios, los únicos que en aquel momento trataban estos temas. También hicimos una investigación, “Consumo de tabaco y alcohol en adolescentes”, por hacer algo distinto. La presentamos al Certamen Nacional de Jóvenes Investigadores y fue seleccionada y premiada, defendiéndola sus autores en el Congreso de Jóvenes Investigadores en Mollina (Málaga). Allí tuve ocasión de conocer a otros profesores y alumnos que practicaban la investigación: jóvenes y profesores de Málaga, Coruña, Madrid, Barcelona, Valencia, etc. Descubrí las variadas posibilidades de trabajar de ese modo y, así, pasó a constituir el eje central de nuestra asignatura. No tardaron en aparecer libros de psicología para bachiller pero yo ya había optado por una metodología propia para la asignatura y hasta el día de hoy no me he apartado de ella.

Ya sabes en qué consiste: teoría durante el primer trimestre, cinco libros de lectura y una investigación sobre un tema voluntariamente escogido por el grupo. Junto a ello la participación en congresos de investigación para Jóvenes: Reuniones Científicas (Extremadura), Jornadas Nacionales de Investigación en Psicología para alumnos de secundaria (Santander), Congreso de Jóvenes Investigadores (Málaga), Exporecerca (Barcelona). Además, visita al centro de AMPROS, prácticas de relajación, ver alguna película, dinámica de grupos, rol playing, etc. Realmente es ambicioso y no puedo llevar a cabo todas las cosas que me gustaría hacer pues el tiempo se nos echa encima y hay que rendirse a la evidencia: hemos llegado hasta donde hemos podido.

Este curso ha sido muy agradable y satisfactorio para mí. Ha habido seis investigaciones y las seis se han terminado a tiempo. Esto es un reto y lo sabéis muy bien; en ocasiones hay grupos, pocos, que no son capaces de terminarla. El comienzo es agradable, el hecho de realizar una investigación sobre lo que tú deseas suena muy bien. Cuando es el grupo quien decide el tema comienza el aprendizaje de saber ceder pues en cada grupo de cinco personas fácilmente

surgen cinco temas y es necesario negociar hasta que, finalmente, es uno el que el grupo asume como propio. No siempre es fácil esa negociación, pero es necesario hacerlo para poder avanzar.

A partir de aquí comienza la búsqueda de información. Resulta novedoso tener que buscar y manejar tanta abundancia de artículos, experimentos, libros, revistas, etc. Cuando os digo que necesitáis un mínimo de cincuenta fuentes bibliográficas os asustáis pero después os dais cuenta de que es posible y hasta necesario obtenerlas; lo de encontrarlas en otros idiomas distintos al castellano es algo que cuesta pero no os olvidéis que es así como se trabaja a nivel mundial. Una vez lograda la bibliografía, hay que tenerla de un modo manejable, lo ideal es tenerla guardada en una carpeta pero no siempre es posible. Tomar de aquí las citas de los autores es algo que no todos habéis sabido realizar, lo comprendo, resulta nuevo y difícil de entender y cuando os corregía este aspecto no os gustaba nada, pero yo debía enseñaros a hacerlo lo mejor posible. En cada página de introducción deben constar al menos media docena de citas, para lo cual hay que buscar continua y simultáneamente la información en las distintas fuentes bibliográficas. Una vez se ha realizado todo esto, se une y se le da cuerpo, constituyendo la introducción del tema. En este apartado me costó convencerlos de que unirlos no consiste en poner las páginas unas a continuación de otras, como si nada en común tuviesen, sino en hacer un cuerpo teórico común a todo lo que habíais escrito anteriormente, con todo lo que supone desprenderse de ideas que uno ha escrito, añadir otras cosas, etc.

Terminada esta parte comienza la metodología. ¿Cuál es nuestra hipótesis? Es decir, qué queremos demostrar, qué afirmamos nosotros a la pregunta realizada, tratando anticipadamente de dar una explicación a la misma. ¿Qué objetivos nos proponemos con esta investigación? Con todo ello necesitamos realizar algún experimento que demuestre nuestra hipótesis, que confirme lo que estamos afirmando sin disponer para ello más que de nuestra intuición. Buscamos datos, resultados, y para ello hemos de buscar sujetos, es decir, una muestra. ¿De qué edades? ¿De qué sexo? ¿De qué profesión? ¿Realizaremos encuestas, entrevistas, algún experimento? ¿Por dónde empezar? Conviene nuevamente revisar los experimentos que figuran en nuestra bibliografía y replantearnos nuestros objetivos para saber de qué modo los conseguiremos. Una vez está claro comienza al diseño de nuestra actuación y el trabajo con nuestra muestra, con aquellas personas que voluntariamente se ofrecen a trabajar con nosotros. No lo habéis hecho nada mal. No siempre es fácil encontrar sujetos que quieran hablar de sus vivencias, especialmente en temas tan personales y tan dolorosos como puede ser haber sufrido cáncer de mama, haber abortado, explicar tus vivencias como “sin techo”, contar lo que se siente al creer que tu cuerpo es horrible por tener sobrepeso. Otros, en cambio, son más agradables, tal como hablar del primer año de escuela, bien como profesor o bien como alumno, lo cual es más sencillo y menos comprometido emocionalmente. No siempre es fácil encontrar a sujetos para nuestras investigaciones, especialmente si queréis realizar entrevistas a profesionales que no conocéis personalmente y no disponéis de todo el tiempo ni movilidad que serían necesarios. Convencer a compañeros de vuestra edad para que sean vuestros sujetos experimentales en una investigación sobre pánico escénico no es nada fácil y, sin embargo, se prestaron voluntariamente a ello y colaboraron de muy buena gana. Conseguir que un grupo de médicos y enfermeras contesten a vuestra encuesta sobre el aborto tiene su mérito, tengo que reconocer vuestra intrepidez, todo ello lo lograsteis vosotras solas, las autoras de este trabajo, a través de Internet, ya que aquí, en Cantabria, ningún médico conocido quiso comprometerse con vuestra encuesta. Lograr que la Asociación de Mujeres con Cáncer de Mama (AMUCAM) colaborase con una doce de encuestas de sus socias, que sufrieron o sufren cáncer de mama, fue también algo elogioso y digno de agradecer, no os olvidéis de hacerlo por escrito a través de su presidenta.

Mi enhorabuena a todos por ser tan atrevidos. Si, debéis serlo pero también realistas y, sobre todo, delicados y respetuosos con las personas entrevistadas. Por otra parte, cuando elegís el tema queréis hacerlo a nivel global, pretendéis saber y averiguar todo: el cáncer, el sobrepeso, etc. No os dais cuenta de que si no acotáis el tema a una época, a una edad o a unas características concretas, es decir, si no ponéis límites a vuestra investigación, no podríais acabarla en el tiempo que tenemos destinado para ello y vuestra frustración sería grande. El toque de realismo hube de ponerlo yo, aunque en ese momento os pareciese que era acortar vuestra investigación. Así lo entendió también el grupo que quiso investigar sobre prostitución, enseguida entendió las dificultades que tendría si hubiese querido entrevistas a mujeres que viven de ello y prefirió cambiar de tema, a otro no menos difícil, la vida de “los sin techo”. Eso mismo hicieron quienes investigaron sobre el cáncer de mama, abandonaron un tema sobre el cual les hubiera sido complicado llegar a ninguna parte, y llevaban más de un mes con el mismo, con la dificultad que supone volver a empezar nuevamente. Cualquier tema es válido, cualquier idea es posible, pero hay que llevarla a cabo y debéis calcular el tiempo, el entusiasmo, las fuerzas y las posibilidades reales de terminarla a tiempo.

Bien, llegado a este punto ya tenéis resultados. Algunos disponéis de muchos datos recogidos en encuestas. Otros más, habéis conseguido entrevistas a distintas personas y os sentís orgullosos de ello. Otros tenéis mediciones de tests y tablas de variables que habéis ido anotando a lo largo del experimento. Contentos, si, ¿relajados? ¡Ni hablar! No puedo dejaros. He de explicaros que ahora hay que resumir, presentar, agrupar estos datos. Nueva sorpresa, lo sé, pero hay que continuar el camino pues el tiempo apremia. Comienzan las tablas, los agrupamientos por intervalos, el manejo del programa informático Excel, las representaciones gráficas, la interpretación por escrito de los resultados (aquí conviene revisar lo realizado y aprender de los trabajos de la bibliografía) y preparar las conclusiones a partir de los resultados obtenidos.

Finalmente, escribir la bibliografía (recuerda, apellido primero, apellido segundo, nombre, todo ello en mayúsculas; título de la investigación, libro, revista o publicación, ciudad y año).

Para terminar resumimos en un abstract, unos diez renglones, además de las palabras clave (key words), toda la investigación. Ya está, diez renglones para un trabajo de seis meses y unas cien hojas de extensión, habiendo utilizado unas cincuenta fuentes bibliográficas. Si, así es. Y, además, unas veces la hipótesis se cumple, y eso nos hace sentir contentos, y otras no, no debiendo entristecernos, sino alegrarnos pues informamos a otros investigadores que ese camino no conduce a los resultados previstos, lo cual es muy útil saberlo antes de iniciar una nueva investigación. Luego la información obtenida es útil, ¡cómo no!

Falta la presentación del trabajo. El programa Power Point nos ayuda a realizar una vistosa presentación, en colores si así es nuestro deseo, a presentar el título, los autores, la síntesis de la teoría, un esbozo del método seguido, gráficos y comentarios, conclusiones, agradecimientos, bibliografía, fotografías de los autores y aquellas que desees poner en relación al tema, pudiendo acompañarlo de un fondo musical, un vídeo o sonidos diversos. Lo último de la tecnología informática a tu disposición.

¿Y ahora qué? ¿Ya está? Sabes que no. La asignatura se termina, sí. Recibes tu nota, por supuesto. Pero no se finaliza todo aquí. Como investigadores que sois, vuestro rito iniciático ha tenido lugar ese curso y en esta asignatura; estáis obligados a presentar a la sociedad los resultados de vuestra investigación. No tendría sentido guardarla en un cajón y no sacarla más. Hay que mostrar públicamente esos resultados para que les sean útiles a otras personas, para que otras jóvenes se animen en el camino de la investigación y realicen sus aportaciones a la

sociedad, para que las personas que han colaborado con vosotros como sujetos experimentales vean que sus aportaciones sirvan para algo, para que la sociedad valore vuestro trabajo como jóvenes, para vosotros mismos, para que tengáis la experiencia y vivencia de ser portadores de conocimiento, del que habéis generado, y para que seáis conscientes de que tenéis un mensaje para la sociedad. No desperdiciéis ninguna ocasión que se os ponga a mano: en el propio instituto, en cuantos congresos de jóvenes podáis participar, en entrevistas en los medios de comunicación, en charlas que organicen las asociaciones culturales o de vecinos de cualquier localidad de vuestra comunidad autónoma o de otra, en Internet, a través de la página Web de la revista interaulas, en la Web de la asociación de profesores de psicología de Cantabria, en vuestra propia Web si las tenéis, etc. La semilla está sembrada.

Hasta aquí mi tarea. Ahora os toca a vosotros y a vosotras. Soy consciente de que lo único que he hecho es mostraros la primera página de algo que se llama investigación. Que si algún día estáis en la universidad haciendo trabajos de mayor envergadura o si llegáis a investigar profesionalmente, esto será algo sencillo a vuestros ojos el día de mañana. Pero estamos en 2007, tenéis dieciséis y diecisiete años y yo me siento orgulloso de todos vosotros y vosotras. He tratado de ayudaros todo lo que he podido. Sé que no he llegado por igual a todos los grupos. Es complicado atender a seis grupos en cincuenta minutos. He hecho las cosas lo mejor que he podido y sabido. Si el tiempo no ha llegado el responsable soy yo: la tarea es ambiciosa y yo lo soy respecto a los objetivos a lograr con vosotros a lo largo de un curso. Tengo que felicitaros a todos y a todas. Vuestro entusiasmo es el mío y éste nos contagia a todos en continua retroalimentación. Disfruto viendo cómo os lanzáis a la tarea, discutís los temas, os organizáis, queréis abarcarlo todo, saberlo todo. Para mí ha sido maravilloso veros trabajar así. Cierto que algunas personas no se han implicado de la misma manera. Me han oído, eso sí, no siempre me han hecho caso. Les invito a que se animen y se integren mejor. Lo que habéis conseguido no es para mí ni para esta asignatura. Es para vosotros y vosotras. Forma parte ya de vuestro currículum, de vuestras habilidades. Aprovecharlo todo lo que podáis. Estoy deseando veros allí arriba, después de subir esos tres escalones que conocéis tan bien, diciéndole a la sociedad entera lo que habéis hecho, lo que habéis sentido a lo largo del proceso de investigación, lo que os habéis ilusionado al realizarla y los planes que tenéis para el futuro. Adelante y mucha suerte. Ah, lo último. Recordaros una vez más que lo más importante de la psicología no es el saber que nos aporta. Lo esencial es aprender, a través de ese conocimiento, a amar a los demás.

Un fuerte abrazo. Rafa.

¿CÓMO CAMBIAR EL MUNDO?

Diego HIDALGO SCHNUR

Queridos amigos y amigos:

Me vais a permitir que os tutee porque quiero que os sintáis más cerca de mí en esta hora que vamos a compartir. Buenos días a todos. Gracias a Celia García y a sus colegas que desde hace mucho tiempo han insistido para que estuviera hoy aquí en Don Benito. Me siento muy honrado y feliz de estar en Extremadura y especialmente en Don Benito, precisamente días antes de unas Elecciones Generales. Mi padre fue diputado por Badajoz en la Segunda Republica, y vino a Don Benito, Villanueva y Santa Amalia en las campañas electorales de 1931, 1933 y 1936: cuando yo era niño me contaba los avatares de esas campañas de las que entonces habían pasado quince años y crecí con las anécdotas de su paso por aquí, de su amigo Maximino Mateo alcalde de Santa Amalia a quién llegué a conocer y de otros muchos, por lo que siempre he sabido de esta región y le tengo un cariño especial.

Soy Diego Hidalgo. Tengo 65 años, 7 hijos y 4 nietos. Mi padre me prohibió dedicarme a la política, y no me he presentado a elecciones, salvo a las de Presidente de la Asociación de Alumnos del Colegio Estudio en 1958. Sin embargo, he dedicado gran parte de mi vida a tratar de mejorar el mundo en que vivimos y a intentar mejorar el futuro de mis hijos y nietos y de las generaciones futuras. En uno de los dibujos del genial humorista FORGES, me definió como “desfazedor de entuertos”.

Me vais a permitir que en esta conferencia no os hable sólo del mundo en el que vivimos, y de cosas objetivas, y que os hable también un poco de mi vida y de mi experiencia. Mi esperanza es no aburriros y que aprendáis algo de mis logros y de mis fracasos.

Hace 31 años di una de mis primeras conferencias a una gran multitud. Fue en Londres, en la Royal Commonwealth Society. Entonces era yo un experto en África, habiendo dirigido en los tres años anteriores el Departamento de África en el Banco Mundial. Entré en una sala llena, con casi mil personas..... (anécdota con el Príncipe Carlos). Para que no ocurra lo mismo mi intención es hablar durante media hora y responder preguntas el resto del tiempo que tengamos.

Mi conferencia tiene cuatro partes. Primero voy a hablar de los problemas globales con los que creo que se enfrenta el mundo en el siglo XXI. Segundo, voy a hablar sobre los principales problemas que veo en España. Estamos en tiempo de elecciones, y mi hijo Diego y yo hemos publicado un Manifiesto sobre la Crispación, que está impidiendo que salgan a la luz y se debatan distendidamente por lo que creo importante daros mi opinión. Tercero, entrando en el tema de la Conferencia: “¿Cómo Cambiar el Mundo?” os voy a contar cómo lo he intentado yo a lo largo de mi vida. Por último, lo más importante, os diré como creo que lo podéis cambiar vosotros; vuestra generación es la gran esperanza para el futuro de la humanidad, de nuestra Europa, y de nuestro País; y por supuesto, de nuestra querida Extremadura. Os daré un Decálogo de consejos para todos quienes queráis embarcaros en esa tarea y dedicar a ella parte de vuestra vida profesional en el futuro.

1. Problemas Globales

Desde 1999 los problemas globales que se perciben en el horizonte son muchos pero se pueden agrupar en seis categorías para simplificar su análisis; los seis están interrelacionados y los desarrollare aunque brevemente, en mi conferencia

(a) Pobreza, y desigualdad, es cierto que con una mínima parte de los gastos militares del mundo se podrían solucionar los problemas del hambre y casi todos los de la sanidad en países pobres, y es increíble que la humanidad no haya sido capaz de conseguirlo. La mayoría de los africanos vive en 2008 peor que hace cuarenta años. Cuando yo empecé a trabajar en el Banco Mundial, la renta media de un Europeo era 11 veces mayor que la de un Africano; en 2008 es 50 veces mayor.

(b) Mal gobierno, crisis de la democracia (incluye educación). Después de la Tercera Ola de transiciones democráticas que empezó en España y Europa en los 70, siguió en América Latina en los 80, y se extendió por Europa del Este al caer el muro de Berlín en 1989 y desintegrarse la Unión Soviética en 1991, la ola se ha detenido. Y en muchos casos ha habido una vuelta atrás desde el 11 de Septiembre de 2001

(c) Guerras, conflictos, terrorismo: es verdad que no ha habido Guerras Mundiales en 72 años, pero infinidad de conflictos étnicos, incluso de genocidios, y guerras locales. Conflictos que tienen ya sesenta años, como el de Oriente Medio o el de Colombia, llevan seis décadas sin resolverse. El Terrorismo (en parte por culpa de la Administración Bush-Cheney en Estados Unidos) se ha convertido en una gran amenaza, agravado por la tecnología y la proliferación de armas nucleares y de destrucción masiva.

(d) Cambio climático y otros problemas medioambientales que son particularmente graves y amenazan el futuro de nuestro planeta; uno de los países más amenazado es China cuya economía estaría creciendo a un 15% anual en lugar de a un 10% si no tuviera esos problemas cada vez más difíciles de resolver

(e) Pandemias, SIDA y otras enfermedades, y problemas de infraestructura sanitaria en el que se están haciendo progresos

(f) Las Naciones Unidas y las instituciones de gobierno global como el Banco Mundial y el Fondo Monetario Internacional están inadaptadas para el Siglo XXI porque no tienen jurisdicción sobre temas globales y por lo tanto son incapaces de resolverlos

A este último problema se une que el mundo ya no es unipolar (predominio de Estados Unidos), sino multipolar (hay una serie de potencias emergentes). El mundo está cambiando a gran velocidad, y hasta hace poco bastaba que Estados Unidos decidiera algo, y esa decisión se llevaba adelante. En 2008 sin embargo no basta que Estados Unidos, incluso con Europa, decidan algo para que automáticamente se haga: en muchos casos hay que contar con potencias emergentes como China y Rusia.

2. Problemas de España

España se ha convertido en la octava economía mundial y aunque los problemas globales afectan a España, puede hacer poco para resolverlos, y más habiendo perdido peso específico e influencia en el mundo. Sin embargo tiene un problema fundamental (la crispación política) que impide un dialogo entre los partidos sobre temas de Estado (política antiterrorista, ordenación territorial) y un debate necesario sobre seis temas que pueden ser problemas y que son los que más me preocupan porque van a afectar a vosotros, a mis hijos y a generaciones futuras. Hace menos de dos semanas salió en EL PAIS un gran artículo mío y de mi hijo Diego, que elaboraba

esos temas, y que podéis ver en la página web www.elfuturodeEspana.es. Por eso sólo voy a enumerarlos rápidamente

(a) Empleo y competitividad; ninguno de los políticos a los que hemos oído en los debates electorales da grandes ideas sobre cómo podrá competir España en un mundo globalizado en el Siglo XXI teniendo en cuenta que las “locomotoras de crecimiento de la economía” que hemos tenido se han quedado ya viejas, obsoletas

(b) Educación e investigación. Por un lado el sector educativo tiene que adaptarse a los sectores de competitividad del futuro, y por otro lado, sólo con un nivel de excelencia en la escuela y la Universidad podremos ser competitivos

(c) Adaptación de los inmigrantes; la inmigración ha sido muy positiva pero es un fenómeno reciente

(d) Sistema de pensiones y su viabilidad futura, porque se está reduciendo la proporción entre trabajadores que contribuyen a la seguridad social y pensionistas

(e) Política energética, esencial en un mundo en el que el petróleo va a escasear y está ya a más de \$100/barril.

(f) Política exterior y peso de España en el mundo. Se da la paradoja de que hemos crecido en tamaño de población y economía pero hemos perdido gran peso específico en el mundo en lo que va de Siglo, y tenemos que optimizar las fuerzas potenciales que tenemos, (puente entre Europa y América Latina, entre Islam y Occidente, influencia y proximidad en África, el prestigio de la transición democrática y la figura del Rey, e instituciones muy importantes en el campo de las Relaciones Internacionales como el Club de Madrid, FRIDE, el CITPax, DARA, EFE, la Fundación Tres Culturas, el CIDOB, la Fundación Ortega y Gasset, por nombrar algunas

He hablado de problemas globales y nacionales: vosotros podréis identificar problemas regionales (a nivel de Extremadura o de vuestra comunidad) o locales, como yo identifiqué en mi pueblo de Los Santos de Maimona y me propuse dar un impulso económico, cultural y social para acabar con el desempleo y el éxodo.

3. Cómo cambiar el Mundo (DH)

No quiero alargarme con estos temas personales y sólo os voy a hacer un resumen abreviadísimo de mi vida.

Un dilema que me planteé al querer cambiar el mundo en los años 70 y al final del siglo fue si hacerlo de abajo arriba (montando algo desde el suelo, en el terreno, que fuera emulable y replicable) o desde arriba, cambiando las reglas del juego. Para hacerlo desde arriba tienes que estar en una posición de poder o de influencia, o ser un poco megalómano. Como os explicaré, creo que siempre hay que ver las cosas en grande para conseguir objetivos grandes.

Aunque en los 70 yo estaba en una posición de poder y de influencia, dirigiendo el Departamento de África del Banco Mundial decidí empezar los cambios en el mundo desde abajo: impulsar el crecimiento de los países más pobres de África. En 1999-2000, después de pasar cinco años en la Universidad de Harvard me replanteé la posibilidad de cambiar el mundo desde arriba

Enumero las Instituciones que he creado a lo largo de mi vida, o que he contribuido a crear:

4. Decálogo de consejos que yo me daría si tuviera 18 años

Naturalmente que llevando una vida de armonía con vuestro entorno, de buen ciudadano, de buen miembro de la familia, de realizar vuestro potencial en vuestra vida profesional y familiar ya estaréis contribuyendo a mejorar el mundo.

INSTITUCION	PROBLEMA
Historia de FRIDA en los 70s	Pobreza en África
EL PAIS en 1971	Dictadura en España
CEX (1992)	Desarrollo Extremadura
UME (1997)	Educación Oriente Medio
FRIDE (1999)	Pobreza, guerras, democracia
CLUB DE MADRID (2001/02)	Democracia en el mundo
Fundación Maimona (2002)	Éxodo y desempleo LSM
CITPAX (2003)	Conflictos OM y otros
DARA (2003)	Ayuda humanitaria, evaluación
EFE (2001/05)	Desempleo en países árabes
CONCORDIA 21 (2008)	Aislamiento de esfuerzos

Sin embargo, para los que queráis ir más allá, y tener un impacto grande sobre vuestro entorno, como los protagonistas del libro de David Bornstein “COMO CAMBIAR EL MUNDO” he hecho una lista de consejos que creo imprescindibles, para que los anotéis y los consideréis en vuestras vidas:

(a) Identificación de problemas, y ¡BUSCALES UNA SOLUCION! (anécdota de SUMER cuando en Noviembre de 1993 escribí un artículo sobre los problemas de España)

(b) ¿Cómo resolverlos? ¿Desde arriba o desde abajo?

(c) Sigue tu pasión

(d) Capacítate, dótate de medios, busca ayudas necesarias

(e) Análisis HBS: define el problema y tus objetivos, analiza el entorno, conócelo a fondo, determina los recursos humanos y financieros necesarios, piensa en alternativas, compáralas y decide, hazte un calendario para realizar tu proyecto

(f) Si quieres tener un impacto pequeño piensa en pequeño. Para obtener resultados grandes piensa en grande

(g) Test de realidad: “de vez en cuando mira si alguien te sigue o estás solo”; si nadie te sigue, si no consigues entusiasmar a otros, es posible que tu proyecto no sea tan bueno

(h) No ocupes espacio en la foto, déjaselo a otros

(i) No esperes medallas

(j) No conviertas la realidad en lo que deseas, mírala a fondo, no te dejes engañar como Lord Hume en Bruselas (contaré la anécdota).

DE LA BIOLOGÍA MOLECULAR A LA BIOMEDICINA

Margarita SALAS

Centro de Biología Molecular "Severo Ochoa". (C.S.I.C.–U.A.M.)

Durante la segunda mitad del siglo pasado hemos asistido al nacimiento y al espectacular desarrollo de la Biología Molecular. Así, hemos conocido la naturaleza del material genético. Experimentos clave realizados a finales de los 40 y principios de los 50 indicaron que el material genético es el ácido nucleico: DNA o RNA y no las proteínas como se pensaba durante la primera mitad del siglo. Además, en 1953 Watson y Crick determinaron que el DNA está en forma de doble hélice, lo que sugirió un mecanismo para su duplicación. También se han conocido los mecanismos básicos de control de la expresión genética y se ha descifrado la clave genética, es decir, cómo una secuencia de cuatro elementos, los nucleótidos, se leen para dar lugar a otra secuencia de 20 elementos, que son los aminoácidos que forman las proteínas. Por otra parte, se han puesto las bases para el desarrollo de la biotecnología. Las contribuciones de la biotecnología a la humanidad son muchas y muy importantes. Así, en el sector farmacéutico se han conseguido productos más seguros y más baratos: insulina, hormona de crecimiento, interferones, interleuquinas, vacunas, etc. En el sector medioambiental, se han obtenido nuevas bacterias modificadas para biodegradar compuestos que no lo eran por las bacterias existentes. En agricultura se han conseguido plantas transgénicas resistentes a insectos, a virus, a la salinidad del suelo, etc.

En este cambio de siglo y de milenio hemos asistido a un acontecimiento científico de enorme importancia: el conocimiento de la secuencia del genoma humano con sus 3.200 millones de nucleótidos distribuidos en los 23 pares de cromosomas que constituyen nuestra dotación genética. La secuencia del genoma humano contiene la clave genética presente en cada una de las diez trillones de células que existen en cada persona. Es la información necesaria para crear un ser humano, y que influye en nuestro comportamiento y en nuestras mentes. También nos indicará nuevos enfoques para combatir enfermedades.

En 1988 el Consejo Nacional de Investigación de Estados Unidos nombró un comité para iniciar el proyecto de secuenciación del genoma humano, recomendando también que se secuenciasen otros genomas como bacterias, levaduras, gusanos, moscas y ratones, así como el desarrollo de la tecnología necesaria para la consecución de estos objetivos. Por otra parte, se hacía hincapié en la investigación respecto a las implicaciones éticas, legales y sociales derivadas del conocimiento de la secuencia del genoma humano.

A finales de 1990 se estableció un consorcio público para determinar la secuencia del genoma humano que implicaba a 20 laboratorios y cientos de investigadores de los Estados Unidos, el Reino Unido, Japón, Francia, Alemania y China. El 15 de febrero del año 2001, dicho consorcio publicaba en la revista Nature un borrador de la secuencia del genoma humano que está disponible gratuitamente para toda la humanidad. Simultáneamente se publicaba el mismo día en la revista Science por la compañía americana Celera Genomics otro borrador de la secuencia del genoma humano.

En el último cuarto del siglo XX y en los primeros años de este siglo hemos conocido la secuencia completa de numerosos virus, bacterias, un hongo (la levadura de cerveza *Saccharomyces cerevisiae*), la planta *Arabidopsis thaliana* y dos variedades de arroz, varios animales (la mosca del vinagre *Drosophila melanogaster*, el gusano *Caenorhabditis elegans*, el pez fugu, el pollo, el ratón, la rata y el chimpancé), y se han publicado secuencias de gran importancia desde el punto de vista de la medicina; la del parásito *Plasmodium falciparum* causante de la malaria, y la del mosquito *Anopheles gambiae* cuya picadura transmite esta enfermedad. El conocimiento de las secuencias de los genomas del parásito y del mosquito abre la puerta a nuevos tratamientos contra la enfermedad y al desarrollo de nuevas técnicas para controlar a los mosquitos transmisores de la misma. Muy recientemente se han secuenciado los genomas de tres parásitos que provocan tres graves dolencias: *Trypanosoma brucei* que provoca la enfermedad del sueño, *Trypanosoma cruzi*, que provoca la enfermedad de Chagas y *Leishmania major* que causa la leishmaniasis. Estas enfermedades causan la enfermedad y la muerte de millones de personas en el mundo. Esta nueva información genética es esencial no sólo para conocer la biología y la evolución de estos tres parásitos, sino también para intentar desarrollar nuevos medicamentos y vacunas contra las enfermedades que provocan.

Un dato que ha resultado ser una sorpresa en la secuencia del genoma humano es el número de genes relativamente bajo (unos 25.000) comparado con otros genomas secuenciados. Este número compara con 6.000 en la levadura de cerveza *Saccharomyces cerevisiae*, 14.200 en la mosca del vinagre *Drosophila melanogaster*, 19.100 en el gusano *Caenorhabditis elegans* y 26.000 en la planta *Arabidopsis thaliana*. Lo que parece claro es que cada gen en el genoma humano puede codificar a unas cinco proteínas distintas debido al sistema de procesamiento alternativo que tiene lugar en el RNA mensajero. Por el contrario, los organismos mencionados antes tienen un nivel de procesamiento considerablemente menor.

¿Qué hemos aprendido de la secuenciación del genoma humano? Que solamente un 1.5%, es decir 48 millones de nucleótidos de un total de 3.200 millones son genes que codifican a proteínas. La mayor parte del DNA es lo que se ha llamado DNA basura (junk DNA), aunque de momento se desconoce si existe alguna función para esta enorme cantidad de DNA basura.

Una pregunta importante es ¿de dónde vienen nuestros genes? La mayor parte de ellos de un pasado lejano desde el punto de vista evolutivo. Las funciones celulares más elementales, tales como el metabolismo básico, la transcripción del DNA en RNA, la traducción del RNA en proteínas, o la replicación del DNA, evolucionaron solo una vez y han permanecido muy estables desde la evolución de los organismos unicelulares como las levaduras y las bacterias. Ello llevó al Premio Nobel Jacques Monod, a decir: lo que es verdadero para *E. coli* es verdadero para el elefante. Esto, por supuesto, es una simplificación, pero en una buena parte es cierto.

Un genoma cuya secuencia se ha publicado recientemente es la del chimpancé. Los datos indican que la diferencia genética entre el chimpancé y el ser humano es de tan solo el 1%. Muchos investigadores dudan de que una comparación de la secuencia del ser humano y del chimpancé nos vaya a revelar los mecanismos que determinan la capacidad de hablar, la capacidad de razonamiento abstracto, etc. Parece probable que estas características y capacidades han surgido de pequeños cambios, por ejemplo en la regulación génica, que no son aparentes de la simple inspección de la secuencia de los genomas y que requerirá mucho más trabajo con el estudio de lo que se ha llamado proteómica, es decir, determinar las proteínas codificadas por los distintos genes así como la función de las mismas.

Otro dato interesante que se ha revelado de la comparación de las secuencias del genoma del gusano y del ser humano es que aproximadamente un 36% del genoma del gusano, unos 7.000 genes, son esencialmente los mismos que los de los humanos y los de otros organismos, y son los que contienen las instrucciones para ejecutar los procesos más básicos de la célula y del desarrollo del organismo. Por otra parte, la comparación de los genes de la mosca *Drosophila* con 300 genes humanos asociados a enfermedades ha indicado que unos 120 genes de la mosca están relacionados con dichos genes humanos.

Otro tema que nos interesa a todos es el del envejecimiento. Se han identificado mutaciones de un gen en la mosca que hacen que ésta viva más de 100 días en lugar de los 60 a 80 que vive normalmente. En el ser humano existe un gen similar. También se ha encontrado un gen en el gusano *Caenorhabditis* cuya desactivación hace que el gusano viva tres veces más de lo normal.

Otro factor importante en el envejecimiento son los telómeros y la telomerasa. En las células somáticas normales los cromosomas se acortan en cada división celular, lo que no es un problema inmediato ya que cada cromosoma termina en un telómero, una estructura muy redundante que contiene miles de copias de una secuencia de DNA de 6 nucleótidos. Por el contrario, en las células germinales "inmortales", que expresan telomerasa, no se acorta su DNA durante la división celular. Sin embargo, las células somáticas normales que mediante técnicas de biotecnología expresan telomerasa rompen la barrera de la senescencia. Así, células que normalmente envejecerían después de 50-55 divisiones, se pueden dividir más de 100 veces y permanecen "jóvenes".

Varias aplicaciones terapéuticas muy importantes se derivan de la capacidad de aumentar la duración de vida de las células sanas de una persona. Así por ejemplo, la obtención de células de la piel rejuvenecidas para tratar ulceración crónica de la piel; o células epiteliales de pigmento de retina para tratar la degeneración macular. Por otra parte, puesto que el 86% de los cánceres expresan telomerasa, se están desarrollando drogas que inhiban a dicha proteína.

Una pregunta de un enorme interés es en qué se diferencian entre si los genomas de cada persona. El Proyecto Genoma Humano ha descifrado los genomas de cinco personas, tres mujeres y dos hombres, entre los cuales hay un asiático, un hispano, un afroamericano y un blanco europeo. De acuerdo con los datos obtenidos, no es posible distinguir una etnia de otra del análisis del genoma. Se calcula que el genoma de dos personas sólo se diferencia en un 0,1% y es esa cantidad tan pequeña la que hace único a cada individuo. Los seres humanos difieren entre si en aproximadamente un nucleótido en cada mil nucleótidos. Esto es lo que se conoce como polimorfismos de un solo nucleótido (single nucleotide polymorphisms o SNPs). Si tenemos en cuenta los 3.200 millones de nucleótidos en el genoma humano, esto se traduce en un total de 3,2 millones de SNPs.

Los SNPs son marcadores que pueden permitir descubrir la base genética de muchas enfermedades. También pueden darnos información respecto a la respuesta de cada persona a las medicinas, lo que es importante para mejorar la especificidad de los medicamentos. Adicionalmente, el análisis de los SNPs puede darnos la clave de la base genética de nuestras capacidades personales, como la capacidad para las matemáticas, la memoria, la coordinación física, o la creatividad.

Variaciones en las secuencias del genoma marcan las diferencias en nuestra susceptibilidad a, o protección de, toda clase de enfermedades, en la edad de la aparición y severidad de la enfermedad, y en el modo en el que nuestros organismos responden al tratamiento. Comparando los patrones y frecuencias de SNPs en pacientes y controles, se podrá identificar qué SNPs están

asociados con qué enfermedades. Esta investigación nos traerá la medicina genética, que alterará muchos aspectos de la medicina.

Durante el siglo XX, los humanos no han sido la especie de elección para estudiar genética ya que no se podían producir mutaciones y observar el resultado de las mismas, algo que se podía hacer con sistemas de animales modelo como la mosca del vinagre o incluso el ratón. Sin embargo, en el siglo XXI, con el conocimiento de la secuencia del genoma humano, podremos tratar de entender las características físicas y de comportamiento del ser humano. Para algunos, existe el peligro de la "genomanía", es decir pensar que todas las diferencias y similitudes están determinadas exclusivamente por la genética del individuo. Pero esto no es así; los genes y los genomas no actúan en el vacío, siendo el ambiente de una gran importancia en la biología humana. Así, la identificación de las variaciones de nuestros genomas mediante el mapa de SNPs, será uno de los modos para entender mejor la influencia de la genética y el ambiente.

Otro aspecto importante del conocimiento de la secuencia del genoma humano es el estudio de otros posibles genes que producen cáncer, además de los ya identificados hasta la fecha(más de 100 oncogenes y unos 30 genes supresores de tumores o antioncogenes).

La versión normal del oncogen en la célula, el proto-oncogen, tiene funciones importantes en diversas rutas de señalización que regulan el desarrollo embrionario, la renovación celular en tejidos adultos, la diferenciación y la muerte celular programada. En células cancerosas las mutaciones en los proto-oncogenes desregulan su expresión y/o alteran su estructura. Los genes supresores de tumores, también encargados de mantener el crecimiento celular normal, sufren mutaciones en las células cancerosas por las que dejan de funcionar. Un número muy elevado de cánceres se deben a mutaciones en los genes supresores de tumores.

Entre un 5 y un 10% de los cánceres tiene un componente hereditario. En este caso, el análisis genético puede ser de gran ayuda. Por ejemplo, si una persona tiene un gen que le predispone al cáncer de tiroides, puede extirparse dicha glándula, o si tiene predisposición al cáncer de colon puede controlarse mediante frecuentes colonoscopias. En el caso del cáncer de mama se pueden realizar medidas de detección precoz como mamografías, etc.

El conocimiento que hemos adquirido en relación con el cáncer ya está permitiendo y nos va a permitir cada vez más mejorar el diagnóstico, el tratamiento y la prevención de la enfermedad. Los médicos de este nuevo siglo buscarán en los tumores las mutaciones que contengan y tratarán de destruir las células cancerígenas con la herramienta más adecuada en cada caso.

Genes que producen enfermedades

Se han identificado ya numerosas enfermedades producidas por mutación de genes. Algunas de las enfermedades son monogénicas, causadas por mutación en un solo gen. Muchas de ellas son neurodegenerativas como el corea de Huntington y varios tipos de ataxias, que se pueden predecir genéticamente con un 100% de seguridad. En la actualidad no hay tratamientos efectivos para estas enfermedades por lo que las pruebas genéticas tienen un valor solo informativo. Otro caso distinto es la hipercolesterolemia familiar, en la que se produce un aumento del colesterol desde la niñez con riesgo alto de infarto, angina de pecho o ataque cerebral. Pero en este caso el riesgo puede evitarse con tratamientos para reducir el colesterol, por lo que el diagnóstico de esta enfermedad tiene una gran importancia. Existen también enfermedades metabólicas para las que existe diagnóstico genético y su posible prevención con dietas o tratamientos adecuados.

Otras enfermedades como las cardiovasculares, la diabetes, el Alzheimer, la obesidad y el 90% de los cánceres, entre otras, no dependen de un solo gen sino de varios genes. La mayor parte de los casos de cáncer se deben a mutaciones en varios genes muchas de las cuales se producen a lo largo de la vida del individuo debidas al tabaco, la radiación solar, los aditivos o transformaciones de los alimentos, etc.

Una vez identificada una enfermedad producida por mutación de un gen, se podría recurrir a la terapia génica que es la manipulación orientada a insertar genes que expresan la actividad deseada. Una de las técnicas empleadas para introducir el transgen de interés en la célula diana es el uso de vectores retrovirales que eventualmente se integrarán en el DNA celular llevando consigo el gen de interés. En la actualidad, hay ya una serie de enfermedades que son candidatas a la terapia génica y es de esperar que el futuro suministre tecnologías adecuadas para introducir un gen normal allí donde el gen existente estaba alterado.

El conocimiento de los genes implicados en la enfermedad, de sus mecanismos de control y del efecto de los SNPs y mutaciones permitirá realizar el diagnóstico, la prevención y la terapéutica de las enfermedades.

Otro tema de un gran interés es la selección de embriones para obviar problemas de enfermedades genéticas. En su día fue muy debatido el caso de unos padres de Estados Unidos que, mediante fecundación in vitro con diagnóstico preimplantacional, engendraron un niño libre de la anemia de Fanconi que padecía su hermana, con el propósito de que la niña pudiera disponer de un donante de células madre idóneas para tratar su enfermedad. Actualmente existe un elevado número enfermedades de las que se puede realizar diagnóstico preimplantacional, entre ellas la fibrosis quística, el síndrome de Down o el corea Huntington.

Aquí se plantean también problemas éticos como, por ejemplo, la polémica que se suscitó en Estados Unidos sobre si es lícito engendrar a una persona para que sirva de donante para salvar a otra persona. O la elección de sexo para evitar la transmisión de la hemofilia que solo la adquieren los hombres. O simplemente la elección de sexo por motivos personales.

Todos estos temas tendrán que discutirse y deberán adoptarse decisiones que den lugar a leyes que permitan acceder a tecnologías que produzcan beneficios terapéuticos sin transgredir normas éticas esenciales.

¿Qué queda por hacer en el conocimiento de la secuencia del genoma humano? Una vez completada la secuencia que recientemente ha permitido llenar todos los huecos o "gaps" que existían, el paso siguiente es la caracterización de nuevos genes. En este sentido, el conocimiento de la secuencia del genoma del ratón ya ha ayudado mucho. Se ha publicado recientemente dicha secuencia con la sorpresa de que el genoma humano y el del ratón comparten el 99% de sus genes. Gracias a esto, se han podido identificar 1200 genes humanos que habían pasado inadvertidos. Como ejemplo de similitud entre el genoma humano y el del ratón se puede citar que ratones con mutaciones en el gen supresor de tumores p53 tienen una propensión al cáncer similar a la de los humanos con mutaciones en el mismo gen. En ratones se pueden hacer una serie de experimentos que no son factibles en humanos como son: inactivar el gen, repararlo, modificarlo en el tubo de ensayo y reintroducirlo en el ratón, etc. Es decir, el conocimiento de la secuencia del genoma del ratón hará posible el estudio de casi todas las enfermedades humanas en el ratón, un modelo de laboratorio cuya genética se lleva estudiando durante más de 100 años. Por otra parte, se ha publicado un borrador de la secuencia del genoma de la rata. Más de 1100 genes humanos implicados en enfermedades están presentes en la rata, lo que también posibilitará estudiar enfermedades humanas en dicho animal.

Será de especial interés la identificación de regiones reguladoras. La genómica comparativa de diversos vertebrados ofrece una buena posibilidad para la identificación a gran escala de dichas señales reguladoras.

Por otra parte, la secuencia del genoma humano debe llevar al conocimiento sistemático de la función de los genes. Para hacer realidad la promesa del Proyecto del Genoma Humano se necesitará el trabajo de decenas de miles de científicos en todo el mundo. Este trabajo tendrá profundas consecuencias a largo plazo para la medicina, lo que conducirá a la elucidación de los mecanismos moleculares de la enfermedad, y por tanto, facilitará el diseño de diagnósticos racionales y terapéuticos de acuerdo con dichos mecanismos.

Pero la ciencia es solo una parte del reto. Se debe implicar a la sociedad en una gran parte del trabajo que queda por hacer. Se requerirán comprensión y sabiduría para asegurar que los beneficios sean implementados ampliamente y equitativamente. Para ello, se deberá prestar atención especial a las implicaciones éticas, legales y sociales que surgen debido al paso acelerado de los descubrimientos genéticos.

Los grandes retos de la biología.

Aunque es todavía muy grande la lista de las grandes preguntas en biología que aún no tienen respuesta, una de las más importantes es cómo funciona el cerebro. Desde Cajal, se ha avanzado mucho en la descripción del cerebro, pero todavía se sabe muy poco sobre cómo funciona, cómo se produce un pensamiento, un recuerdo o cómo hablamos. Yo creo que ésta va a ser la gran clave del futuro.

Para terminar quisiera citar a T.S. Elliot: "We shall not cease from exploration. And the end of all our exploring will be to arrive where we started and know the place for the first time". En relación con el genoma humano podemos decir que no cesaremos de investigar y el final de nuestra investigación será llegar a conocer las bases moleculares de la enfermedad para prevenirla y curarla.

EL SEDENTARISMO: ¿ES UNA ENFERMEDAD CARENCIAL?

José Enrique CAMPILLO ÁLVAREZ

Catedrático de Fisiología. Facultad de Medicina. Universidad de Extremadura. Badajoz.

EJERCICIO FÍSICO Y SALUD

El practicar algún deporte y el desarrollar habitualmente un cierto grado de actividad física son medidas muy eficaces para la prevención y el tratamiento de numerosas enfermedades. Si al estilo de vida físicamente activo, sumamos un plan de alimentación correcto, entonces dispondremos, bajo el control de nuestra voluntad, de los dos factores más potentes para influenciar nuestra salud y para tratar numerosas enfermedades.

Entre las cuestiones que suscita la relación entre sedentarismo y salud están: ¿Cómo es posible que una vida activa, no sedentaria frene el desarrollo de tantas enfermedades? O por el contrario, ¿a través de qué mecanismos el sedentarismo puede causar enfermedad? Vamos a analizar estas cuestiones y para ello recurriremos al punto de vista y a la metodología de una moderna y pujante rama de la ciencia médica: la Medicina Darwiniana o Medicina Evolucionista.

LA MEDICINA EVOLUCIONISTA O DARVINIANA

La Medicina Darwiniana o Evolucionista estudia la enfermedad en el contexto de la evolución biológica. Considera que muchas de las enfermedades que hoy nos afligen son consecuencia de la incompatibilidad entre el diseño evolutivo de nuestro organismo, que se ha ido moldeando a lo largo de millones de años de evolución, y las condiciones de vida a las que hoy lo sometemos.

Veamos un ejemplo relacionado con el tema que nos ocupa. La comida no es gratis para nadie. Existe una ley universal que establece que todo animal ha de pagar un precio de trabajo muscular para conseguir las kilocalorías de los alimentos. Ya sea un escarabajo, un pez, una oveja, un leopardo o un señor de Cáceres, su diseño evolutivo exige el gastar kilocalorías como actividad física para obtener la energía de la comida. El diseño evolutivo del animal humano requiere, por tanto, el gasto energético muscular para conseguir la energía de los alimentos. Es lo que en la Biblia se expresa en forma de maldición: “Ganarás el pan con el sudor de tu frente”.

A lo largo de los millones de años de evolución de la especie humana la obtención y el gasto de energía han estado balanceados. Pero el desarrollo económico y la industrialización de los últimos siglos han alterado esta relación natural. Hoy el ser humano que habita los países desarrollados se ha convertido en el único animal capaz de ingerir enormes

cantidades de kilocalorías en forma de alimentos, sin gastar ni una sola kilocaloría muscular para conseguirlas. Desde la visión de la medicina evolucionista, el ejercicio que algunas personas hacen cada tarde en el gimnasio o trotando por las calles, es la forma aplazada de saldar la deuda energética muscular contraída por los alimentos ingeridos a lo largo del día.

EJERCICIO EN LOS ANTECESORES PALEOLÍTICOS

Las condiciones de vida de nuestros ancestros implicaban periodos de abundancia intercalados con épocas de escasez y un gran esfuerzo físico para conseguir el alimento.

Las necesidades de adaptación a estas condiciones permitió que la evolución dotase a nuestros ancestros de genes que respondían a la actividad o a la inactividad física controlando la expresión de proteínas musculares; y al hambre y a la abundancia modificando la actividad de enzimas y de transportadores, que orientaban el metabolismo en el sentido ahorrador.

Este “genotipo ahorrador” permitía una ganancia rápida de grasa durante las épocas de abundancia de alimento y así proporciona ventajas de supervivencia y reproducción en épocas de escasez, también permitía una mayor eficiencia en la contracción muscular durante los periodos de hambre para permitir la búsqueda de alimentos. Los que desarrollaban estas características se reproducían más y transmitían a sus descendientes los genes responsables de estas ventajas metabólicas.

EL SEDENTARISMO COMO ENFERMEDAD CARENCIAL

En todos los estudios siempre se ha considerado al sedentarismo como la condición basal, de control y al ejercicio físico como la condición experimental, la adaptación. Sin embargo, si tenemos en cuenta las propuestas de la Medicina Darwiniana, la condición basal natural de la especie humana sería la actividad física continua y de una cierta intensidad; bajo estas condiciones los sistemas enzimáticos y transportadores funcionarían a pleno rendimiento. En este sentido, el sedentarismo sería un proceso carencial, de deficiencia, promotor de enfermedad. Un ejemplo que nos puede ayudar a asimilar este cambio radical en nuestra forma de pensar nos lo proporciona la hipertrofia cardiaca.

La hipertrofia cardiaca fisiológica, la que se logra mediante el entrenamiento deportivo, mejora el funcionamiento del corazón: aumenta el retorno venoso, el tiempo de llenado y el volumen minuto, la contractilidad cardiaca y mejora la utilización del oxígeno por el miocardio. Como nuestros antepasados paleolíticos mantenían un elevado nivel de actividad física para poder sobrevivir, ellos deberían de presentar hipertrofia ventricular izquierda fisiológica y elevadas reservas cardiacas. Es decir, esta situación es la normalidad en nuestro diseño evolutivo. En lugar de considerar a la hipertrofia cardiaca fisiológica como una adaptación al ejercicio, es más exacto considerar al corazón no hipertrofiado como un descondicionamiento cardiaco debido al sedentarismo. El verdadero grupo control sería el corazón paleolítico, físicamente activo.

Desde el punto de vista de la medicina darviniana las células humanas no están adaptadas a una forma de vida inactiva. La evolución ha favorecido determinados genes que proporcionan un fenotipo que nos confiere una gran flexibilidad en los flujos metabólicos para permitir una eficaz contracción muscular incluso bajo las peores condiciones nutricionales. Nuestra vida sedentaria actual, junto a la constante provisión de alimentos de elevada densidad calórica ocasiona una discordancia en las interacciones de nuestros genes con el entorno actual. Se predispone así a que el genoma paleolítico (el que actualmente portamos) mal exprese sus genes en diversos órganos y tejidos y origine las enfermedades de la opulencia.

CONCLUSIONES

Como consecuencia de las necesarias adaptaciones de nuestros ancestros a los periodos de abundancia y de escasez de alimentos y a los cambios en el tipo de alimentos, que sucedieron a lo largo de millones de años de evolución, hemos heredado una particular constitución genética, que incluye un grupo de genes programados para activarse por el ejercicio físico habitual.

Hace apenas unos cien años, con la revolución industrial, nuestras condiciones de vida cambiaron drásticamente y nos alejamos definitivamente de nuestro diseño evolutivo: comenzamos a ingerir una alimentación muy rica en calorías, hiperproteica, abundante en grasas saturadas y en hidratos de carbono de absorción rápida, de elevado índice glucémico. Además, el desarrollo de máquinas que facilitaban todas nuestras labores y de los vehículos que nos transportaban diariamente sin esfuerzo, redujo nuestro nivel de actividad física, dejó de costarnos esfuerzo conseguir nuestros alimentos. En estas condiciones nuestros genes paleolíticos, al someterse a unas condiciones muy alejadas del diseño para el que se desarrollaron, se convirtieron en promotores de enfermedad.

Según la Medicina Darwiniana, nuestros genes y nuestras formas de vida ya no están en armonía y una de las consecuencias de esta discrepancia son las enfermedades de la opulencia. La prevención y el tratamiento, según los preceptos de la medicina darviniana, pasarían por adaptar nuestra alimentación y nuestro estilo de vida, dentro de lo posible, a las condiciones en la que prosperaron nuestros antecesores. Poner en paz nuestros genes paleolíticos con nuestra forma de vida de la era espacial.

Respecto al tipo de alimentación acorde con nuestro diseño evolutivo, pueden consultarse en “Los menús darvinianos” a los que se accede a través de la página web que se señala abajo. Respecto a la actividad física, deberíamos mantener un balance entre la energía ingerida mediante los alimentos y el precio muscular por pagar por conseguirla. Ya que no cazamos, pescamos o recolectamos nosotros mismos nuestros alimentos deberíamos de adaptar la intensidad y duración de la actividad física o deporte recreativo que practiquemos a las calorías diarias ingeridas.

BIBLIOGRAFÍA

CAMPILLO ÁLVAREZ, J.E. (2004), **El Mono Obeso**. Barcelona: Editorial Crítica. 2004.

TREVATHAN, W.R., SMITH, E.O. y MCKENNA, J.J. (1999), **Evolutionary Medicine**. Oxford: Oxford University Press.

BOOTH, F.W., CHAKRAVARTHY, M.V. y SPANGENBURG, E.E. (2002), “Exercise and gene expression: physiological regulation of the human genome through physical activity”. **J. Physiol**, 543: 399-411.

CHAKRAVARTHY, M.V. y BOOTH, F.W. (2003), “Eating, exercise, and “thrifty genotypes: connecting the dots toward an evolutionary understanding of modern chronic diseases”. **J Appl. Physiol.**, 96: 3-10.

LOS INSECTOS COMO ALIMENTO HUMANO: ¿POR QUÉ NO COMER INSECTOS?

José Luis VIEJO MONTESINOS

Departamento de Biología. Universidad Autónoma de Madrid.

INTRODUCCIÓN

Si bien en Europa los insectos no constituyen un recurso alimenticio para las personas, en otras regiones del mundo crece su interés e importancia como fuente de alimento para la población, lo que se añade a unas antiguas tradiciones que incluyen a los insectos en la gastronomía popular, en particular en Extremo Oriente (China y el Sudeste asiático) y en México. Los insectos son animales pequeños, ubicuos, extremadamente abundantes y fáciles de criar o recolectar, cuya biomasa se estima que es superior a la del resto de animales del planeta. Por tanto los insectos, utilizados como recurso alimenticio humano, son una “reserva estratégica” que eventualmente se puede emplear para mitigar el hambre en el mundo (DUFOUR, 1987). A su abundancia, se une la calidad nutritiva de esta biomasa, ya que el contenido en proteína de muchas especies de insectos es superior a la de los huevos de ave, el pescado, la carne vacuna o porcina, etc. (GENE, 1989). Cabe mencionar también que la composición de las proteínas de los insectos es muy favorable desde el punto de vista nutritivo, en lo que concierne al contenido de aminoácidos esenciales, según las recomendaciones de la FAO; así podemos reseñar que las pupas de *Bombyx mori* contienen más aminoácidos esenciales para el cuerpo humano que las semillas de soja, y que la digestibilidad de las proteínas de los insectos es superior al 90% (RAMOS-ELORDUY, 1991).

Los insectos son uno de los grupos animales que más tiempo llevan en el medio terrestre. Desde hace varios cientos de millones de años se han convertido en algunos de los organismos dominantes, en número de individuos, especies y biomasa, de los ecosistemas terrestres y dulceacuícolas del planeta. Igualmente sabemos de su adaptación a multitud de cambios ocurridos en el planeta con o sin la intervención del hombre, y de su gran plasticidad ecológica, así como de la diversidad de vías que han utilizado para poder explotar los diferentes recursos y de su importancia en el equilibrio de la biosfera. Además han otorgado a los seres humanos múltiples beneficios (alimento, fibra, medicina, destrucción de desechos orgánicos, etc.), sin contar con su papel en la polinización de cosechas. A pesar de todo ello, los insectos no gozan de buena fama en algunas sociedades humanas, que se enfrentan a ellos con la idea principal de su destrucción, su abatimiento, o su desaparición (RAMOS-ELORDUY, 2003).

La Etnoentomología se ocupa de las interrelaciones de las culturas tradicionales con el mundo de los insectos (GABDIN, 1973), y puede definirse como "todas las formas de interacción entre los insectos y el hombre, especialmente sociedades humanas primitivas y no industrializadas" (HOGUE, 1987); en estas interacciones se incluyen la alimentación, la medicina, la historia, la antropología, la lingüística, la agricultura, la sociología, la teología, la taxonomía, la etología, la psicología, la mística y la artesanía, el arte literario, pictórico, escultórico, textil, cinematográfico, etc.

En numerosas ocasiones, los grupos étnicos muestran un sorprendente manejo y conocimiento de los recursos naturales, que con frecuencia forma parte de su entorno mágico (psicológico, místico, conceptual), lo que en definitiva constituye su cultura, su vida, sus mitos, ritos y leyendas, creencias, principios, valores, que a menudo desdeñamos y que formaron la base de la civilización actual y la sustentabilidad de los recursos (RAMOS-ELORDUY Y PINO, 1989).

Así pues, el estudio etnoentomológico si bien se ha dejado de lado por ser considerado conocimientos de “indios”, gente devaluada, menospreciada y explotada, olvidándose de que ellos sí han podido (cuando la aculturación no ha penetrado) lograr la sustentabilidad de sus recursos, preservar sus hábitos y costumbres y no imitar las que están de moda, y así continuar en lo profundo de su ser con las creencias y principios que los sostuvieron y constituyeron su sistema de ética y de vida. Por eso ahora nos abocamos al estudio etnoentomológico, logrando su rescate, manteniendo su integridad y valorando su importancia.

Esto también tiene que ver con la forma de explotación de la naturaleza en la que el ser humano está integrado, muy diferente de la visión occidental, en donde se ve separado de la misma y ésta se encuentra ahí para explotarla, y en donde las tecnologías indígenas no pueden competir con las occidentales que son altamente mecanizadas (MEJÍA, 1981; RAMOS-ELORDUY ET AL., 1981; RAMOS-ELORDUY, 1997). Esta actitud, llamémosle “occidental”, de relación con la naturaleza se refleja en la entomofagia, considerada repugnante o, cuando menos, propia de pueblos “poco civilizados”, trae consigo una gradual disminución del uso de los insectos como alimento humano, sin una alternativa real a la pérdida del recurso nutritivo (DEFOLIART, 1999).

ENTOMOFAGIA

Los insectos han jugado un papel trascendental tanto en las sociedades primitivas, como en las preindustriales e industriales por las funciones trascendentales que realizan. La entomofagia data de la época de Aristóteles y llega hasta nuestros días (RAMOS-ELORDUY, 1999). Existen numerosos trabajos sobre el consumo de insectos en el mundo, y que se refieren a numerosos países y épocas (para una información más detallada, consúltese RAMOS-ELORDUY Y VIEJO, 2007). Igualmente se mencionan casos de entomofagia en libros sagrados como la Biblia y el Corán.

El tipo de vida de la gente asentada en las áreas rurales de sociedades no industrializadas, generalmente con una economía natural o de subsistencia, unido a la imperiosa necesidad de buscar alimento para su supervivencia, incrementó su observación intuitiva y el análisis empírico que de la naturaleza hacían, lo que dio una continuidad a la explotación del recurso, haciéndolo sustentable, esto se ha probado en México para algunas especies (96, según RAMOS-ELORDUY Y PINO 1989) por al menos 500 años (RAMOS-ELORDUY, 1997A). Forzosamente esto supone un buen conocimiento y manejo de ellas, haciendo una selección sobre aquellos recursos que fueren más abundantes y más fáciles de obtener. En este sentido, los insectos son tan abundantes que RATCLIFFE (1990) ha informado que uno de cada cuatro animales vivos en el planeta es un escarabajo.

Es importante señalar que los insectos comestibles constituyeron también tributos para los emperadores aztecas, como por ejemplo los escamoles, el gusano de maguey, y también ciertas mariposas (DURÁN, 1867). Si el tótem no era ingerido, existía el peligro de que este insecto no existiera en número suficiente para ser utilizado subsecuentemente como fuente de alimento, tal

es el caso de las "Witchey Grubs", de las "Honey pots", o sea la mariposa Bugong y las hormigas meleras (CAMPBELL, 1926; FLOOD, 1980; SPENCER 1914).

Existen numerosas referencias (92) con respecto al significado (RAMOS-ELORDUY, 2003A, B) y pragmatismo de algunos insectos comestibles. De las asociaciones hasta ahora reportadas, el 89% son positivas. Con ello vemos el valor que las antiguas culturas otorgaban a este grupo animal, en donde se consideraban algunos escarabajos, mariposas, chinches, abejas, avispas, abejorros, libélulas, chapulines, grillos, moscas, etc., como animales sagrados. Tan sólo en México, a nuestro entender existen cinco deidades; y estas alusiones son sin duda muy antiguas (BREUIL ET AL., 1912).

OBTENCIÓN, PRESERVACIÓN Y PREPARACIÓN DE LOS INSECTOS COMESTIBLES

Existen diversas formas de obtención de los insectos comestibles, que son mediante colecta manual o con instrumentos diversos (palas, barretas y /o picos, hachas, machetes y/o cuchillos, "garrochas" o sea palos muy largos y delgados, así como con redes, de diferentes tamaños, formas y material), todos ellos en general, instrumentos del quehacer cotidiano de los individuos que habitan las áreas rurales (RAMOS-ELORDUY Y CONCONI, 1993). En el norte de África, los Touareg, en lugar de redes para recolectar chapulines, utilizan una sábana larga, cogida por varios hombres que van avanzando, en los extremos hay un hombre que lleva una palangana de fierro a la cual le pega con una cosa metálica para hacer ruido, así los chapulines van brincando sobre ella y cuando ya hay suficientes, rápidamente la cierran para formar un saco donde quedan atrapados (BERGIER, 1941).

Igualmente cuando se trata de insectos con aguijón, para evitar los piquetes se aísla a los adultos mediante el uso de humo de leña verde a la entrada del nido y que éste penetre, lo cual hace que salgan huyendo. Para ello es necesario que se fijen dónde hacer la fogata con relación a la dirección e intensidad del viento (RAMOS-ELORDUY, 2003b). También se utilizan cebos para recolectar por ejemplo a los grillos.

Además existe una preservación de los insectos comestibles, que generalmente se hace por secado, al sol o en el comal (placa metálica), guardándose después en bolsas de papel estraza, en bolsas de malla de plástico o incluso en costales de tela o de plástico, para contar con alimento cuando éste escasea. También se preservan en salmuera.

La gran mayoría de los insectos se consumen asados en el comal, agregándoles sal y/o salsa de chile y poniéndolos en tortilla, haciéndose el taco. Muy pocas especies se comen vivos, como es el caso de algunas especies de jumiles o la hormiga melera (RAMOS-ELORDUY, 1997b).

Los insectos comestibles también constituyen parte de platos tradicionales mexicanos, como los tlacoyos rellenos de gusano rojo, las quesadillas rellenas de gusanos de los palos o del gusano blanco de maguey o de los gusanos del nopal, los tamales rellenos de chicanas, axayacatl o de padrecitos, los sopos condimentados con gusano blanco de maguey, coxas, chiquereis o gusano elotero, en cuyo caso de incorporan los insectos asados, fritos y/o guisados con yerbas de olor (RAMOS-ELORDUY, 2003A).

También se adicionan a diversos moles (escamoles, gusano de nopal, xamues), a salsas con o sin picante (botija, chicanas, jumiles) o bien mezclados con cebolla, ajo, perejil y/o pápalo (Gusano blanco, escamoles, gusanos de los palos) y/o, revueltos con huevo (escamoles, chicanas, abejas y avispas), en mixiote (gusano blanco y escamoles), o simplemente agregándolos en la sopa de arroz (xamues, jumiles) o en la sopa aguada (coxas, xochiquetzal). O

bien únicamente se ofrecen como botanas para los invitados especiales que se desea halagar (chapulines, chichatanas, cuecla) (RAMOS-ELORDUY, 2003A).

Actualmente, muchas especies de insectos comestibles forman parte del menú de restaurantes de gran prestigio de la capital de México o de otras capitales del Mundo, constituyéndose así en platos de "gourmets" debido a su delicado y apreciado sabor y a su elevado costo. Estos se presentan formando parte de las entradas, o de entremeses, como pizzas, salsas, o bien en ensaladas, también en sopas aguadas o secas, o en guisos, incluso en postres (RAMOS-ELORDUY, 1998).

En Estados Unidos, para conmemorar el Centenario de la Sociedad Entomológica Americana se ofreció un banquete de guisos utilizando insectos, 100 diferentes platillos (DEFOLIART, 1992) y el Newsweek en octubre del 2002, anunció a un chef de Nueva York que realiza 550 diferentes recetas con grillos (KRAJICK, 1993). Además, en las tiendas se ofrecen paletas, dulces para niños, que llevan incluida una larva de insecto y un grillo, que la empresa americana Holtix elabora o en Londres, donde una compañía vende también paletas de la misma forma o palanquetas del gusano amarillo.

El consumo de los insectos comestibles supone desde un simple asado o incluso comerlos vivos, hasta un muy sofisticado guiso propio de verdaderos gourmets. Igualmente los insectos pueden servir de medicina y de hecho en China se han utilizado para este fin más de un centenar de especies (WEN & VIEJO, 2010), algunas de las cuales proporcionan la materia prima con las que preparar saludables infusiones, como es el caso del chogchá o te de insecto (WEN ET AL., 20XX).

BIODIVERSIDAD E INSECTOS COMESTIBLES

La biodiversidad se ha convertido en un asunto frecuente en programas políticos, medios de comunicación, cursos, conferencias y otros. De este tema se ha hablado sobremano en diferentes reuniones internacionales: Río de Janeiro (1992), Johannesburgo (2002), etc. En ellas se han establecido acuerdos y se han identificado los principales problemas de carácter mundial: la globalización no ha dado los resultados esperados, los ecosistemas no se han preservado como se pensaba, los recursos se utilizan como si fueran inagotables, no existe un cuidado y menos una reglamentación en su uso de suerte que la depredación y deforestación continúan.

La famosa y buscada sostenibilidad no existe y sólo es mantenida por contadas etnias del planeta, 3/4 partes de la Tierra están superpobladas y muchas de sus tierras se están perdiendo por erosión.

Se calcula que para el año 2025 habrá 10.000 millones de habitantes en este mundo y que las luchas futuras serán entre los países que tengan agua y los que no la tengan, entonces, habría que preguntarse ¿qué significa biodiversidad? Para nosotros la biodiversidad está íntimamente ligada a la supervivencia del hombre en el planeta, por ello, tratar de preservarla no es cuestión de papeles o de acuerdos, sino de saber si podremos seguir viviendo en este mundo, y en este caso la etnobiología en general, y la etnoentomología en particular, tienen un papel crucial.

La depredación indiscriminada, la destrucción de los hábitats cada vez mayor, junto a la disminución constante de la biodiversidad vegetal y animal, ha provocado que, para determinados habitantes de la tierra, sobre todo aquellos de la mayoría de las áreas rurales del mundo, cuenten cada vez con menos fuentes de obtención de proteína animal, provista por animales de talla significativa y son ellos los que más han recurrido y recurren actualmente a los insectos para su alimentación. Además existen factores diversos que han erosionado su

germoplasma (tala de bosques, más contaminación, más aspersión de sustancias biocidas, cambios de clima en el planeta, falta de ética y actitudes responsables ante la explotación de un recurso, falta de un interés por conocer el rico saber tradicional, los suelos agrícolas han sido afectados por las máquinas, que penetran más allá de la dimensión requerida en la tierra, lo que no hacía el arado usado por siglos, así como por la acción de los compuestos contenidos en herbicidas, insecticidas, fertilizantes, etc. que afectan el buen funcionamiento del suelo) (RAMOS-ELORDUY, 2003B).

Hay que establecer NUEVOS PARADIGMAS BIOECOLÓGICOS, ya que los recursos naturales tienen actualmente un enorme valor estratégico, económico, cultural y social en todo el mundo y constituyen la clave de la subsistencia humana. También es preciso modificar la forma de intercambio de recursos y de los productos no por dinero que en su mayor parte es virtual, sino por algo más provechoso para países subdesarrollados. Es por tanto urgente la preservación de esta faceta de la biodiversidad que es el germoplasma.

Los insectos son un grupo animal cuya biodiversidad total es enorme, pero su alcance se desconoce. Algunos autores, como WILSON (1985), aseveran que existen 751,000 especies, mientras que MITTENMEYER (1988) postula que existen de 300 a 400 millones de especies de insectos, sin embargo, en cuanto a insectos comestibles se refiere el número censado hasta la fecha se constituye de 505 especies para México, las cuales han sido rastreadas mediante estudios de campo, entre diversas etnias del país, de éstas el 83% pertenecen a insectos del ámbito terrestre y sólo el 17% a ecosistemas acuáticos continentales. Asimismo, el 55,79% de ellas se consumen en estado inmaduro (huevos, larvas, pupas, ninfas), y el 44,21% en estado adulto, siendo algunas especies consumidas en todos los estados de desarrollo (RAMOS-ELORDUY Y VIEJO, 2007). El número total de especies registrado en el mundo hoy en día es de 1681 comprendidos en 14 órdenes de la clase Insecta (RAMOS-ELORDUY, 1997A). De las especies censadas, el mayor número corresponde de nuevo al orden Coleoptera con 468 especies, seguido de Hymenoptera (351), Orthoptera (267), Lepidoptera (253), Hemiptera (102), Homoptera (78), Isoptera (61), Diptera (34), Odonata (29), Ephemeroptera (19), Trichoptera (10), Megaloptera (5), Anoplura (3) y Thysanura (1) (RAMOS-ELORDUY Y CONCONI, 1994, RAMOS-ELORDUY, 2003B).

Consideramos que esta cifra no representa ni de lejos la realidad, ya que son muy escasos los estudios respecto a la verdadera cantidad que de insectos comestibles se consume en el mundo.

CUALIDADES NUTRITIVAS DE LOS INSECTOS

En los últimos años, los insectos han ido adquiriendo un creciente valor como nuevo recurso alimenticio para los seres humanos. Si bien son animales pequeños, los insectos están ampliamente extendidos, constituyen el grupo zoológico más diverso y representan la mayor cantidad de biomasa animal del planeta. La utilización de los insectos como recurso

Tabla 1.- Test de significación (SSR- Duncan) de la diferencia del contenido de proteína en diferentes especies de insectos. Tomado de WEN & AL., 2008.

Ordenes de Insectos	Nº de especies	PROTEÍNA (g/100g peso seco)	Significación de la diferencia	
			$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$
Orthoptera	18	65.96±7.84	a	A
Diptera	7	55.86±9.16	b	B
Homoptera	7	51.31±13.48	c	B
Hymenoptera	30	50.88±9.50	c	B
Hemiptera	14	49.57±12.85	c	BC
Lepidoptera	31	48.47±13.79	c	BC
Coleoptera	26	44.03±13.66	d	C
MEDIA		52.30±6.99		

alimenticio para los seres humanos presenta numerosas ventajas, entre las que podemos mencionar la corta duración de las generaciones, por tanto la rápida cría, la enorme capacidad de reproducción y su abundancia en diferentes hábitats.

Si tenemos en cuenta la cada vez mayor demanda de alimentos, es obligado considerar a los insectos como una potencial y prometedora

fuerza futura de alimento para los seres humanos (DUFOUR, 1987). Insectos como grillos, cigarras, mariposas, hormigas y larvas de dípteros contienen más proteínas que los huevos de las aves, la carne de pollo, el pescado, el cerdo o la carne de vacuno, con cantidades de proteína entre el 68,99 y el 75% del peso seco (tablas 1, 4 y 6).

En relación con los aminoácidos de las proteínas, los insectos ofrecen también muchas ventajas, ya que en términos generales poseen las tasas más adecuadas, según las recomendaciones de la FAO (tabla 5). Por ejemplo, las crisálidas de *Bombyx mori* contienen más aminoácidos esenciales para los seres humanos que la soja. La tasa de digestibilidad de las proteínas de los insectos está alrededor del 90%, y varía entre el 77,9% y el 98,9% (RAMOS ELORDUY, 1991).

Los insectos también contienen una considerable cantidad de grasa, que oscila entre el 10% y el 40%, y

en algunas larvas de coleóptero alcanza el 50% de su peso seco; además en todos los casos está constituida por más ácidos grasos insaturados que en otras especies animales (tabla 2; RAMOS ELORDUY & al., 1992; YANG DARONG, 1996; YE XINGQIAN, 1998a, 1998b; etc.). Estas cifras son similares a las del aceite de cacahuete y al de soja, pero el tejido graso de los insectos tiene mayor contenido de vitaminas. Se han realizado numerosos estudios sobre el contenido de proteína y de grasa de los insectos, sin embargo, la mayor parte de los análisis se han limitado a especies concretas, y hasta el momento pocas son las evaluaciones realizadas en relación con amplios grupos taxonómicos.

Tabla 2.- Test de significación (SSR- Duncan) de la diferencia del contenido de grasa en diferentes especies de insectos. Tomado de WEN & AL., 2008.

Ordenes de Insectos	Nº de especies	GRASA (g/100g peso seco)	Significación de la diferencia	
			$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$
Coleoptera	26	31.81±13.17	a	A
Lepidoptera	29	30.57±18.60	ab	A
Hemiptera	14	28.00±18.23	ab	A
Homoptera	6	25.33±7.92	b	A
Hymenoptera	28	24.41±11.12	b	A
Diptera	7	15.64±10.53	c	B
Orthoptera	18	9.02±2.86	d	B
MEDIA		23.54±8.32		

Tabla 3.- Test de significación (SSR- Duncan) de la diferencia del contenido de proteína + grasa en diferentes insectos. Tomado de WEN & AL., 2008.

Ordenes de Insectos	Nº de especies	GRASA + PROTEÍNA (g/100g peso seco)	Significación de la diferencia	
			$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$
Lepidoptera	29	77.91±10.95	a	A
Hemiptera	14	77.57±8.49	a	A
Homoptera	6	76.59±10.33	a	A
Coleoptera	26	75.84±9.61	a	A
Hymenoptera	28	75.52±7.78	a	A
Orthoptera	18	74.98±8.20	a	A
Diptera	7	71.49±6.10	a	A
MEDIA		75.70±2.14	a	A

Tabla 4.- Porcentaje de proteínas de insectos comestibles de México. Tomado de RAMOS ELORDUY & VIEJO, 2007.

ÓRDENES	Porcentaje	Productos convencionales	Porcentaje
TERRESTRES			
Orthoptera	52 - 77		
Hemiptera	36 - 71	Soya	44
Homoptera	33 - 72	Pollo	43
Coleoptera	30 - 69	Huevo	46
Lepidoptera 3	4 - 71	Res	54
Diptera	35 - 61	Frijol	23
Hymenoptera	10 - 81	Lenteja	27
Isoptera	37 - 48		
ACUÁTICOS			
Ephemeroptera	53 - 64		
Odonata	52 - 57	Pescado	81
Megaloptera	55 - 63		
Trichoptera	61 - 72		

Los insectos presentan una alta proporción de proteína, si bien los datos muestran una considerable variación entre diferentes órdenes (tablas 1 y 3). En general los insectos tienen un contenido en proteína mayor que el de grasa; por término medio, se encuentra el doble de proteína que de grasa, aunque la proteína puede llegar a ser alrededor de siete veces más. Los insectos que contienen la mayor cantidad de proteína pertenecen al orden Orthoptera (65,96%), por el contrario son los Coleoptera los que contienen menos (44,03%); en relación al contenido en grasa, sucede lo contrario, ya que los más ricos en grasa son los coleópteros (31,81%) y los que menos grasa tienen son los ortópteros (9,02%). También se encontró una relación entre el contenido en proteína y el contenido en grasa, de manera que la suma de ambos permanece casi constante ($76\% \pm 2,14\%$) en los diferentes grupos de insectos analizados. Por tanto la

Tabla 5.- Contenido total de aminoácidos esenciales (g/100 g de proteína) que albergan diferentes órdenes de insectos comestibles comparado con productos convencionales. Tomado de RAMOS ELORDUY & VIEJO, 2007.

ÓRDENES	Cantidad	Productos convencionales	Cantidad
Orthoptera	38 - 51	Vegetales	
Hemiptera	48 - 66	Frijol	8,30
Homoptera	42 - 48,5	Lenteja	13,20
Lepidoptera	44 - 49	Soya	22,40
Coleoptera	30 - 57	Animales	
Diptera	43 - 56,6	Huevo	51,50
Hymenoptera (Apidae)	42 - 49	Res	46,80
Hymenoptera (Vespidae)	42 - 50	Pollo	42,70
Hymenoptera (Formicidae)	42,3 - 53	Pescado	40,10

Tabla 6.- Contenido energético de diversos órdenes de insectos comestibles comparado con productos convencionales. Tomado de RAMOS ELORDUY & VIEJO, 2007.

ÓRDENES	kj	Productos convencionales	kj
Odonata	1804,48 – 2174,68	Vegetales	
Ephemeroptera	1480,30 – 1486,99	Verduras	1506,24
Orthoptera	1407,37 – 1831,30	Leguminosas	
Isoptera	1451,85 – 2125,47	Haba	1624,23
Hemiptera	1376,49 – 2631,78	Frijol	1637,40
Homoptera	1649,08 – 1964,35	Lenteja	1644,40
Megaloptera	1387,80 – 1533,23	Chícharo	1673,18
Lepidoptera	1227,71 – 3250,34	Garbanzo	1763,94
Coleoptera	1182,98 – 2732,24	Soya	1944,74
Diptera	907,68 - 2086,14	Cereales	
Hymenoptera	1590,17 – 2348,77	Centeno	1397,46
		Trigo	1397,46
		Arroz	1510,42
		Avena	1522,98
		Maíz	1548,08
		Animales	
		Pollo	688,69
		Pescado	1662,30
		Res	1735,94
		Puerco	2948,46

Tabla 7.- Proporción de ácidos grasos saturados e insaturados de diversos animales (porcentaje). Tomado de RAMOS ELORDUY & VIEJO, 2007.

Organismo	Ácidos grasos saturados	A. grasos mono-insaturados	A. grasos poli-insaturados
Res	52,0 (28,1)	44,2	3,2
Puerco	44,1 (24,3)	44,3	11,6
Pollo	35,5 (20,2)	40,8	22,7
Pescado	29,6 (22,6)	39,6	30,8
Insectos	11,0-43,4 (0,1-9,1)	55,9	40-45 a 100

cantidad total de proteína y grasa supone aproximadamente $\frac{3}{4}$ del peso seco del insecto; es decir, la mitad del peso seco de un insecto es proteína, un cuarto es grasa y el resto otras sustancias. La cantidad de grasa y de proteína muestra una correlación negativa (figuras 1 y 2).

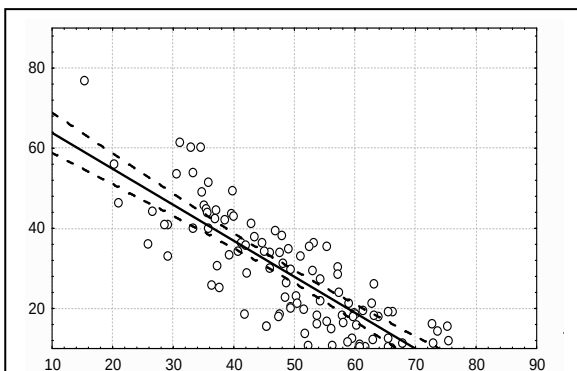


Figura 1.- Correlación entre el contenido de grasa y de proteína en el cuerpo de los insectos comestibles. Tomado de WEN & AL., 2008

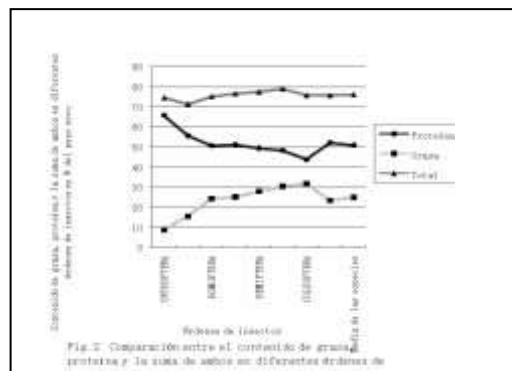


Figura 2.- Comparación entre el contenido de grasa, proteína y la suma de ambos en diferentes órdenes de insectos comestibles. De WEN y AL., 2008

BIBLIOGRAFÍA

- BERGIER, E., 1941. **Insectes comestibles et peuples entomophages**. Edit. Rullière F. 209 pág.
- BREUIL, H., GOMEZ, P.S. & AGUILO, J.G., 1912. **Les peintures ruprestres d'Espagne. Les abris del Bosque de Alpera (Albacete)**, Ed. L'Antropologie, Paris, 23, p. 529.
- CAMPBELL, T.G., 1926. Insect Foods of the aborigines. **Australian Museum Magazine**. págs. 407-410.
- DEFOLIART, G.R., 1989. The use of insects as food and as animal feed. **Bulletin of Entomological Society of America**. 22-35.
- DEFOLIART, G.R., 1991. Insect fatty acids: Similar to those of poultry and fish in their degree of unsaturation, but higher in the polyunsaturates. **The Food Insects Newsletter**, IV (1): 1-4.
- DEFOLIART, G.R., 1992. The New York Bug Banquet. A day to remember **The Food Insects Newsletter**, V (2): 1-7.
- DEFOLIART, G.R., 1997. Importance of edible insects in the nutrition and economy of people of the rural areas of Mexico. **Ecology of Food and Nutrition**, 36 (1): 347-366.
- DEFOLIART, G.R., 1999. Insects as food: Why the Western attitude is important. **Annual Review of Entomology**, 44: 21-50.
- DUFOUR, D., 1987. Insects as food. A case study from the northwest Amazon. **American Anthropologist**. 89: 383-397.
- DURÁN, D., 1867. **Historia de las Indias de Nueva-España y islas de Tierra Firme**. Tomo I. Publicada con atlas, estampas, notas e ilustraciones. Ed. José F. Ramírez. Versión de 1867 de J.M. Andrade y F. Escalante.
- FLOOD, J., 1980. **The moth hunters: aboriginal prehistory of the Australian alps Canberra**, Australian Institute of Aboriginal Studies New Series No. 14.

- GABDIN, C., 1973. L'Ethnoentomologie. **OPIE Cahiers de Liaison** No. 7: 15-17.
- GENE, R.D., 1989. The human use of insects as food and as animal feed. **Bull ESA**. 3: 22.
- HOGUE, C.H., 1987. Cultural Entomology. **Annual Review of Entomology**, 32: 181-199.
- KRAJICK, K. 1993. A Swarm of Tasty Treats. **Newsweek**, Agosto 23, págs. 54-55.
- MEJÍA, G.M., 1981. **Algunos “animales” inferiores utilizados como alimento en la Amazonia y en la Orinoquia Colombiana**, Publi. Univ. Nnal. Palmira, Mecnografiado, 18 p.
- MITTENMEIER, R. E. 1988. **Several working papers for the Biodiversity Task Force of the World Bank**. The World Bank, Washington, D.C.
- RAMOS ELORDUY, J., 1991. **Los insectos como fuente de proteínas en el futuro**. Ed. Limusa. México, 1a.144p. 2ª. Reimp. 148p
- RAMOS-ELORDUY, J., 1997. Insects: A sustainable source of food. **Ecology of Food and Nutrition**, 36 (2-4): 247-276.
- RAMOS-ELORDUY, J., 1998. **Creepy crawly cuisine**. Inner Traditions Internal. 149 págs.
- RAMOS-ELORDUY, 1999. El consumo de insectos como un hábito ancestral. In: Chalchihuite. **Homenaje a Doris Heyden**. Ed. INAH, México. págs. 275-305.
- RAMOS-ELORDUY, J., 2003. Les “jumiles” punaises sacrée du Mexique. In: **Les insectes dans la tradition orale – insects in oral literature and traditions**. ÉLISABETH MOTTE-FLORAC & JACQUELINE M. C. THOMAS Eds. Paris, Peeters-Selaf (Ethnoscience 5): 183-208.
- RAMOS-ELORDUY, J. & CONCONI, M., 1993. Resemblance of the techniques for exploit some edible insect species in different ethnic groups all over the world. **II Int. Cong. Ethnobiol. Abstracts** págs. 141.
- RAMOS-ELORDUY, J., PINO, J. & GONZÁLEZ, O. 1981 Digestibilidad in vitro de algunos insectos comestibles de México. **Folia Entomológica Mexicana**, 49: 141-154.
- RAMOS ELORDUY, J., R.A. FLORES, C.E. SANDOVAL, M. J. M. PINO & R. H. BOURGES, 1992. Composición Química de Insectos Comestibles de la Delegación Milpa Alta, D. F., **Tecnol. Aliment. (Méx.)** 27(4-6).
- RAMOS-ELORDUY, J. & PINO J., 1989. **Los insectos comestibles entre las antiguas culturas de México**. Ed. AGT 139 pág.
- RAMOS-ELORDUY & J.L. VIEJO, 2007. Los insectos como alimento humano: Breve ensayo sobre la entomofagia, con especial referencia a México. **Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Sec. Biol.**, 102 (1-4), 2007, 61-84.
- RATCLIFFE, B.C. 1990. The significance of scarab beetle in the ethnoentomology of non industrial indigenous people. **Ethnobiology implications and applications**, I: 159-185.
- SPENCER, B., 1914. **Native trades of the Northern Territory of Australia**, London.
- WEN LIZHANG, J.L. VIEJO MONTESINOS & YI DINGHONG, 2008. Los insectos como fuente de alimento: Análisis del contenido en proteína y grasa de 100 especies. **Bol. Mus. Mun. Funchal**, Sup. N° 14: 55-70.

WEN LIZHANG, J.L. VIEJO MONTESINOS, CANG, XUE-BING & SHEN, ZUO-RUI, 2006. Evaluación toxicológica del excremento de la oruga de *Aglossa dimidiata* (Haworth, 1809) (Insecta, Lepidoptera, Pyralidae) como bebida tradicional y medicinal en China. **Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Sec. Biol.)** 101: 87-91.

WILSON, E.O., 1985. The Biological diversity crisis: A challenge to science. **Issues of Scientific Technology**, 2: 20-29.

YANG DARONG, SHU CHANG & LI CHAODA, 1996. Analysis of Nutrition Components in Five Species of Insects. **Acta Nutrimenta Sinica**, 18 (2): 231-234.

YE XINGQIAN & HU CUI, WANG XIANG: 1998. Analysis of Nutritional Component of Six Species of Insects of Lepidopteron. **Acta Nutrimenta Sinica**, 20 (2): 224-228.

YE XINGQIAN, HU CUI & WANG XIANG, 1998. Chemical evaluation of the nutritive value of 7 species of coleopteran larva. **Journal of Zhejiang Agricultural University**, 24 (1): 101-106.

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

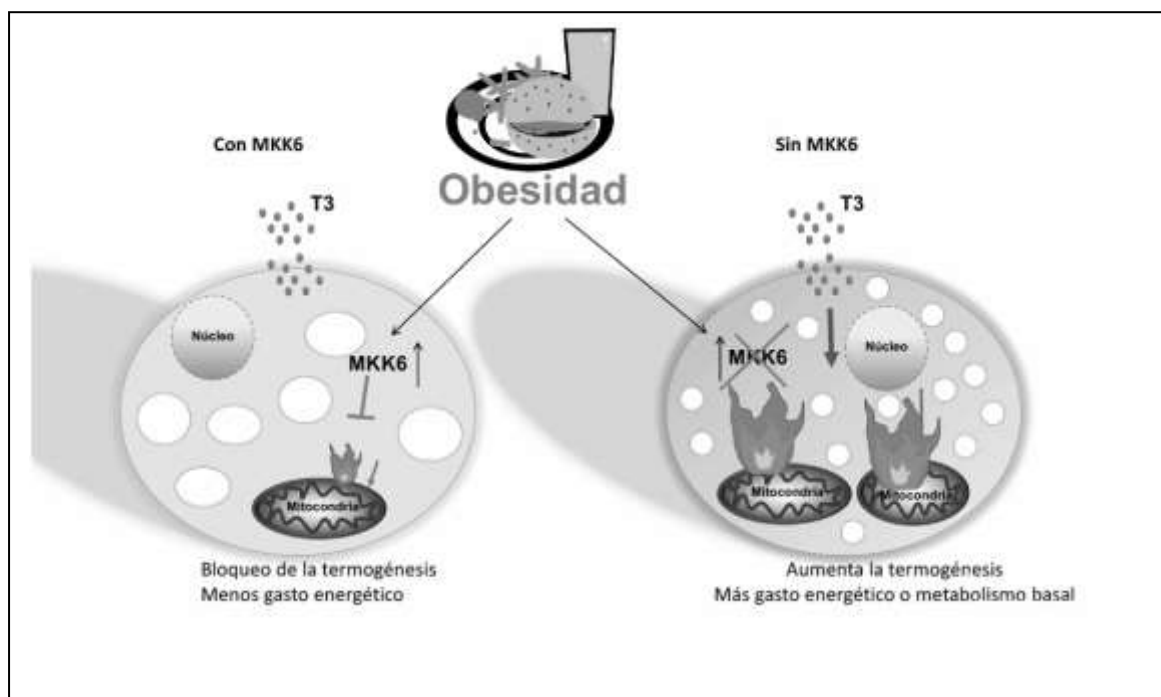


Foto térmica en la que se aprecia en blanco (máxima capacidad calorífica) la localización de la grasa marrón en el ratón (Foto: Nuria Matesanz/CNIC)

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 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 temperatura. 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.

ENCUENTRO DE SABERES Y REALIDADES ENTRE DOS MUNDOS: HISTORIA DE UN DESCUBRIMIENTO

Edgar Fabián GÓMEZ SÁNCHEZ

Institución Educativa Técnica La Esperanza. Valledupar (Cesar -Colombia-)
edgargomez@unicesar.edu.co

Era el otoño del 2006 en España. Mientras tanto en Colombia, ese martes 14 de noviembre una comitiva empacaba sus ilusiones con destino inicial Barranquilla y luego al aeropuerto en Cartagena tres horas después. Finalmente, nuestro avión decoló rumbo a Madrid a las siete de la mañana del miércoles. En medio del océano, con una mitad cubierta con el atardecer naranja y la otra mitad con el manto azul oscuro de la noche, nos embargó un inmenso sentimiento de júbilo. Ese, que solo es capaz de inspirarlo la contemplación de la naturaleza desde esa perspectiva y el disfrutar la sensación de haber alcanzado un sueño esquivo.

Luego de innumerables dificultades y obstáculos durante diez meses, en donde la burocracia intentaba desvanecer los sueños de un grupo de maestros y estudiantes de Valledupar, ciudad al norte de Colombia, lo que había comenzado hace cinco años atrás con un simple correo electrónico al profesor José Manuel Rivero Martín en Cáceres, era ya una realidad. Sin embargo, a raíz de estas dificultades no estuvimos en los días de la Reunión Científica de ese año, pero nació una experiencia que ha dejado huella en nuestro grupo de docentes y estudiantes colombianos llamada Encuentro Entre Dos Mundos. Esta es nuestra propia historia de descubrimiento con España, en especial con los profesores de la Asociación Investigación en Secundaria y sus estudiantes. Pero también, es nuestra historia de descubrimiento y tesón para acercar el conocimiento y la investigación al alcance de los jóvenes colombianos.

Encuentros cercanos, contactos uno y dos

Para estar en Cáceres 2006, desde la consecución de recursos hasta la aprobación de las visas se convirtió en una lucha diaria de este grupo de ilusionados. Parte de esta tragicomedia incluyó tener que seleccionar entre dos excelentes estudiantes solo uno que podía viajar por lo limitado de los recursos. Es de anotar, que en el primer intento nos fue negada la visa, al parecer y en forma extraoficial, debido a que existía el antecedente de un grupo colombiano en el que algunos de sus estudiantes se quedaron de ilegales en España. De hecho, hasta hace pocos años éramos una de las pocas naciones en el mundo que necesitaba visa para entrar a cerca de 140 países, y solo en 40 no la requeríamos.

Al cabo de nueve horas y media pisamos suelo madrileño. Producto de las recientes medidas de seguridad a raíz del atentado del 11 de marzo, encontramos la estación de buses cerrada. Sin más remedio, aguardamos toda la noche y la madrugada en un local cercano, una cigarrería, donde el humo del tabaco nos obligaba a salir y el frío de la noche nos empujaba a entrar. Por fin a las 8 de la mañana salimos de la estación de Atocha, camino a Cáceres. Pocas horas en suelo español nos dibujaron la complejidad de una sociedad con presencia de múltiples

nacionalidades, tan diferente de nuestra orgullosa, pero de cierta forma, monocromática cultura vallenata.

Nuestros colegas de la IES Universidad Laboral de Cáceres, nos recibieron expectantes, con gran hospitalidad y cariño. Luego nos comentaron a manera de anécdota que cuando les preguntaban ¿ya llegaron los colombianos?, quedaba en el ambiente la misma impresión que en un diálogo de película de Hollywood con colombianos en escena. Y ya sabemos cuáles son los papeles estereotipados con que desafortunadamente aun encasillan a los latinos en Hollywood. Era un período crítico para la imagen del país y todo esto había que asimilarlo mostrando nuestras mejores cualidades.

Durante el primer encuentro con ese “otro mundo”, realizamos una visita a la Ciudad Romana de Mérida que nos mostraba con orgullo su historia desde el año 34 a.C. y del siglo II, en particular. Realmente impresionante. También visitamos la ciudad monumental de Cáceres y nos llamaron la atención las torres, iglesias, arcos, casas, palacios y edificaciones, y en especial la belleza del aljibe árabe en el Palacio de las Veletas. Todo ello en contraste con nuestras edificaciones más antiguas, del XVI y XVII, pues las primeras viviendas construidas durante la colonia española datan de 1580. En la plaza principal de nuestra ciudad aún pueden observarse muestras de la arquitectura colonial. Algo en común: así como en España hubo luchas sangrientas entre árabes y cristianos, nuestra historia registra fuertes enfrentamientos entre conquistadores españoles e indios Chimilas. En los dos casos la huella cultural es imborrable.

Para nuestro segundo intento en 2010, todo estaba dado para que estuviéramos en la gran cita de Montánchez. El visado fue rápido y la comitiva era tres veces más numerosa. Los estudiantes se habían preparado esta vez desde hacía un año y estaban listos con proyectos en los cuales hacían despliegue de folclor y cultura autóctonas. En esta oportunidad la burocracia ganó. En la última semana, con rueda de prensa convocada en la sede del evento, tristemente lloramos, literalmente, y nos resignamos a una dura derrota. Sin embargo, en los años siguientes no perdimos contacto, aunque un poco menos de lo que nos hubiera gustado. Participamos en forma virtual por así decirlo, con dos proyectos en dos Reuniones Científicas a través de la modalidad de cartel, mediados por la relación a distancia de nuestros estudiantes con homólogos en España. Los nuestros preparaban y comunicaban a sus pares para que estos realizaran la defensa en la Reunión. Otra forma, pues, de aprender y relacionarse.

Don Benito 2016, fue la segunda ocasión que visitamos suelo español, y que nuevamente ante el desfase de tiempo, se logró concretar el Encuentro entre Dos Mundos con el que intercambiamos experiencias, realidades y saberes desde las aulas y con los profesores. La visita se desarrolló en cinco IES de Salamanca y Cáceres. Esta vez la diversidad de centros educativos y en dos ciudades diferentes le imprimió a la visita un sello característico.

Un poco de las realidades autóctonas

En todo caso, estos primeros contactos con un país europeo fueron, sin rubor, como si descubriéramos un nuevo mundo. Tal cual impresionados como Colón al llegar al Nuevo Mundo, como lo expresa nuestro Nobel de literatura Gabriel García Márquez en su proclama Por un País al Alcance de los Niños: *“La víspera de su llegada, antes de oír el vuelo de las primeras aves en la oscuridad del océano, había percibido en el viento una fragancia de flores de la tierra que le pareció la cosa más dulce del mundo. En su diario de a bordo escribió que*

los nativos los recibieron en la playa como sus madres los parieron, que eran hermosos y de buena índole, y tan cándidos de natura, que cambiaban cuanto tenían por collares de colores y sonajas de latón. Pero su corazón perdió los estribos cuando descubrió que sus narigueras eran de oro, al igual que las pulseras, los collares, los aretes y las tobilleras; que tenían campanas de oro para jugar, y que algunos ocultaban sus vergüenzas con una cápsula de oro.”

Y es que desde las distancias, que nosotros preferimos manejarlas en tiempo, aunque sea un absurdo físico, nos indican una especial diferencia en saberes y realidades de ambos mundos. Nuestro relieve es muy irregular y en consecuencia tenemos una gran variedad de climas y pisos térmicos con vías de extrema dificultad para transitar. De Valledupar, ciudad de domicilio, con 180 msnm a la capital del país Bogotá, que está a 2600 msnm, existen 860 km que se recorren por tierra de 13 a 16 horas. Es por poco el mismo tiempo que tomara viajar por tierra de Cáceres a París, pero casi el doble de aquella distancia. Sin embargo, existen otros aspectos de la dura realidad en lo concerniente a la educación y el contexto de nuestros estudiantes.

En nuestras escuelas colombianas, los maestros atendemos poblaciones tan disímiles producto de diferencias marcadas en los ingresos económicos de las personas y el acceso a bienes y servicios dentro de la población. En otras palabras nuestra educación se dirige a poblaciones con brechas enormes de desigualdad social y económica. En Colombia el índice de Gini, que mide la inequidad, hasta el año pasado era de 0,53, el segundo más alto en Latinoamérica y el séptimo en el mundo. Para tener un referente España tiene un Gini de 0,34 según estudios similares, siendo el más alto del mundo Suráfrica de 0,62. Lo anterior se refleja en casos como los de María y Brayan en sus abismales resultados en las pruebas de acceso a la universidad. Para tener un referente entremos un poco en sus historias paralelas y de esta manera empezar a comprender en contexto esta historia de descubrimiento con sus alegrías y tristezas.

María es una estudiante de último grado de un colegio privado de una ciudad en Colombia. Asiste las ocho horas de clase al día y todas las 40 semanas en el año lectivo. Su colegio realiza pruebas externas en cada período desde segundo grado y ella alcanzó a entrenarse en tres cursos y en cinco exámenes previos. Cursó el preescolar durante tres años y la primaria completa también en un colegio privado. Sus hermanos también estudian en el mismo colegio. Sus padres son profesionales con empleos estables que soportan la economía familiar y la vivienda es propia.

En su hogar, además de la presencia de padre y madre con los cuales mantiene buenas relaciones y dialoga con frecuencia, en especial para construir desde el conflicto; tiene su habitación propia, una biblioteca con cuentos, literatura juvenil y ciencias; computador personal, uso de internet y televisión por cable y cine vía streaming; buena alimentación tres veces al día y una que otra salida a sitios de diversión familiar. Practica deporte o pintura en las tardes en cursos privados. Ha visitado en el último año exposiciones de pintura, cine, fotografía, museos, un parque temático y al zoológico. Todos los días conversa con sus padres de algún libro o película o de alguna noticia deportiva o de actualidad.

Brayan es un estudiante del mismo grado que estudia en un colegio público de la misma ciudad en la jornada de la tarde. Asiste seis horas de clase diario o menos cuando por alguna circunstancia climática, laboral o de otro tipo, la institución debe dar por terminada la jornada

escolar. Hace parte del 90% de los alumnos de su curso que no realiza ningún tipo de curso preparatorio para los exámenes de Estado. Cursó solo un año de preescolar y su primaria la hizo en escuela pública. Su padre no terminó la primaria, se gana la vida como ayudante de oficios varios pero no convive con él; tiene otro hogar, vive en otra ciudad y no se ven desde hace tres años.

Su madre es ama de casa, pero no de su propia casa, pues vive en arriendo junto con su tío, su abuela y dos menores hijos de su tía de 19 años. La relación con los demás miembros de la familia se torna algunas veces insostenible y conflictiva. Duerme en el mismo cuarto con su mamá, su tía y los dos menores. No cuenta con un sitio especial para el estudio y escasamente con los cuadernos y útiles para la escuela. Televisión con los canales comerciales de mayor cobertura en el país. Algunas veces tienen dos o una sola comida al día, y la mayoría tres veces pero en cantidad y calidad deficiente. La poca diversión consiste en jugar fútbol en la cancha del barrio con sus amigos. Nunca ha ido a ningún museo o a una exposición de pintura. Las charlas con su familia se tratan de noticias relacionadas con algunos crímenes recurrentes en la ciudad o de imperdibles telenovelas.

Los anteriores escenarios fueron tomados de historias de vida de estudiantes reales bajo el anonimato de nombres ficticios. Pero lo más importante, describen las características de dos contextos verídicos, en donde cada historia aborda los aspectos que aplica el examen de acceso a la universidad con su cuestionario sociodemográfico a los estudiantes.

Sin embargo, solo se escuchan y se leen sobre los excelentes resultados de unos y los pésimos de otros, sin detenernos a revisar que detrás de los fríos números hay una enorme brecha de desigualdad social, económica y educativa. Al margen de los resultados institucionales, que parecen más una cotización en la bolsa de valores, se encuentra la creciente diferencia en las atmósferas sociales de ambos estudiantes, lo que inexorablemente se refleja en sus resultados del examen de acceso a la universidad entre el puntaje 370 de María y el 170 de Brayan.

Solo el abordaje eficiente por el Estado de las inequidades de fondo y el cumplimiento constitucional de ofrecer educación de calidad, es lo que realmente le podría permitir a Brayan obtener un mejor resultado. De todas maneras, esto sería lo de menos, pues lo más relevante es que le permitiría superar las barreras socioeconómicas y en virtud, acceder a la educación en igualdad de oportunidades que impulsen su desarrollo personal y le permitan contribuir a la dinámica social de su comunidad.

Descubriendo maneras de cambiar la realidad: Conciencia Modo2

La relación con la Asociación Investigación en Secundaria, sus profesores y por supuesto sus estudiantes, nos ha dado el impulso necesario para iniciar el viraje desde nuestra escuela pública, hacia la gestión del conocimiento desde su producción hasta su apropiación. Ya han pasado dieciocho años desde que la conciencia permeó a nuestro colectivo y los frutos en Valledupar y el Caribe colombiano, para ser prudente, son palpables.

En este sentido, desde hace algún tiempo las agendas de ciencia y tecnología y la Expedición Pedagógica del Caribe han diagnosticado, baja sensibilidad frente a la Ciencia, la tecnología y la innovación (CT+I) en Colombia, especialmente en nuestras escuelas, de tal manera que permita

la formación de una cultura en CT+I. Luego, somos conscientes del llamado que tenemos como escuela pública y como profesores en la comunidad. Es decir, es necesario que simultáneamente a la financiación de la investigación, la preparación de doctores o la cualificación de las relaciones simbióticas de los investigadores con el sector productivo, abonemos ese ambiente en donde sus diferentes actores puedan producir conocimiento; difundirlo de tal manera que logre permear desde el análisis de los expertos al interés popular; y finalmente ser utilizado como un bien social y no una herramienta de opresión o como vía de autoeliminación. Y ese caldo primigenio es sin duda la escuela.

La escuela como espacio formador de esa nueva generación está llamada a cumplir con su papel de ser actor en los procesos de transformación social que se requieren para configurar tal ambiente de CT+I, denominado cultura científica. En el currículo es importante la presencia de elementos cuestionadores sobre los imaginarios que en el estudiante subyacen sobre la ciencia, sus protagonistas y su papel en la sociedad. Al trabajar por disciplinas más que por contextos la tendencia en el nuestro currículo no favorece esta presencia. En forma particular, el modelo transmisionista y memorístico refuerza el concepto del estudiante que la ciencia es un producto individual y no un proceso societario. Por esta razón al ser entendida por el estudiante como un producto y sin relación con nuestra vida normal, lo cotidiano no es identificado como factor inspirador de investigación.

Esta compleja situación nos motivó, desde el papel primero de profesor y ahora como directivo, a hacernos las siguientes preguntas que indujeron a una intervención pedagógica desde tres ambientes de un mismo problema. En el aula: ¿si en clase usamos estrategias didácticas basadas en la indagación, se desarrolla en los estudiantes un aprendizaje significativo de manera que lo cotidiano permee lo científico?

Desde el currículo: ¿con la investigación formativa o iniciación a la investigación en un contexto social, que desmitifique las ideas sobre la ciencia, es factible el desarrollo de competencias científicas en los jóvenes que permitan percibir continuidad entre el conocimiento abordado en el aula y las necesidades del mundo real?

A través de la relación escuela-comunidad: ¿Con nuestros estudiantes y profesores estimulando a la comunidad en general a través de la apropiación social como ejercicio democrático y de civilidad, pudiéramos contribuir a crear en la región una conciencia colectiva de generación, circulación, comprensión y uso de la ciencia y la tecnología?

La estrategia que hemos bautizado CONCIENCIA MODO2, que en el fondo implica nuevas formas de lucha por la educación pública de calidad, que hemos promovido a partir de las experiencias compartidas en suelo español y que anteriormente hemos abordado en parte como anecdotario, es la que intenta vivir nuevas y propias experiencias; construir nuevos y propios saberes; que respondan a nuestras propias y cambiantes realidades.

Buscamos, entonces, promover una conciencia colectiva de generación, circulación, comprensión y uso del conocimiento científico desde la escuela, mediante una intervención pedagógica que estimule el desarrollo en los estudiantes de un aprendizaje significativo como base para la producción de conocimiento y desarrollo de competencias científicas, con el fin de que nuestras escuelas contribuyan en la formación de cultura científica y ciudadana consecuente con las necesidades y expectativas de la región. La estrategia aborda una nueva manera de

formar en la ciencia: la ciencia modo 2, descrita por Gibbons en 1994. En este nuevo modo de hacer ciencia el conocimiento y quien lo produce se deben a una responsabilidad y un compromiso social.

En resumen, la propuesta se ha implementado en la básica secundaria y la educación media, es decir con jóvenes entre 12 a 18 años. Durante este tiempo ha incluido asignaturas con los profesores de Ciencias Naturales, Física, Microbiología, Bioquímica, Educación Física, Matemáticas, Tecnología e Informática, Ciencias Sociales, Artística y Lenguaje. En la escuela la estrategia tiene tres ambientes que se complementan.

El primero se refiere al Modelo Didáctico Basado en la Indagación (SIMBIOSIS) que fomenta el desarrollo del pensamiento crítico, el trabajo colaborativo y el aprendizaje significativo. Este modelo tiene características didácticas, que potencian el procesamiento de la información y el desarrollo de la interacción social y procesos democráticos. SIMBIOSIS presenta en su sintaxis, una fase de ideas previas, una de revisión de conceptual, y una de transferencia y aplicación. Es la pregunta la que constituye el epicentro del modelo.

El segundo ambiente, pretende a través de la planeación, ejecución y divulgación de proyectos de investigación formativa o iniciación a la investigación en un contexto social, el desarrollo de competencias científicas en los jóvenes para asumir la CT+I como esencial en la solución de problemas de la región. En este sentido La Misión de Ciencia en 1994, señalaba “a estudiantes y docentes como investigadores incipientes del entorno social y natural del área de influencia del plantel, como aporte para democratizar y descentralizar la calidad de la educación”. Este ambiente que se propuso hace ya 17 años, cuenta con la figura del SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN, puesto que el semillero, como menciona Ossa, “permite construcción de comunidad, de civilidad, de práctica de la democracia desde la academia, algo que el estudiante no identifica fácilmente”.

El tercer ambiente (CSI-VALLEDUPAR) busca la apropiación social del conocimiento generado por el semillero. Es necesario que el trabajo científico de los estudiantes salga de las cuatro paredes, circule en la sociedad y la investigación no se quede socialmente estéril y permeando sólo círculos académicos. En este ambiente encontramos las expresiones más creativas de difundir, divulgar y usar el conocimiento. Por eso es importante nutrir permanentemente las relaciones de la escuela con su comunidad, es decir, con la academia de otras instituciones educativas y universidades con sus centros de investigación; con el sector productivo no solo de patrocinadores si no como reflejo para bien o para mal del modelo económico; y con el Estado que les recuerda sus compromisos con el futuro de esos jóvenes y con la educación.

Productos tangibles y proyecciones en la región

Sin caer en el exhibicionismo y en el detalle técnico, creemos que los productos de amplia y diversa índole dan una idea del proceso formativo en que se enmarca CONCIENCIA MODO2. De esta manera, encontramos en los estudiantes que han participado, un avance en su aprendizaje al comparar pruebas realizadas con base en mapas conceptuales, antes y después de un ciclo de SIMBIOSIS: del 10% con valoración mínimo en básico, que son los alcances apenas deseados en el aprendizaje, se pasa a un 84%.

Por otro lado, como hecho registrado, la participación en concursos de lectoescritura de los 97 estudiantes del grupo piloto con resúmenes y reseñas críticas como en el concurso Leamos la Ciencia para Todos del Fondo de Cultura Económica y el Banco de la República, con uno de ellos con el primer lugar entre 260 trabajos en Cesar y uno de los 40 finalistas entre 12.474 en el país.

En el marco del componente SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN, del total de ideas de investigación concebidas siguen a planeación el 90%; de éste el 100% a fase de divulgación, 40% como propuestas y 60% como proyectos terminados. En el 2002 se registró el primer semillero de una Institución Educativa de nuestro nivel, ante la RedCOLSI (Red Colombiana de Semilleros de Investigación). A raíz de esto el grupo lideró como única institución pública o privada en su género, la organización del primer encuentro regional. El evento cumplió este año su versión número quince con la presencia en la actualidad de 20 instituciones públicas pares.

Sea esta la oportunidad para mencionar, resaltar y agradecer los espacios ofrecidos por Investigación en Secundaria a muchos de los proyectos de semilleros que han logrado mayor reconocimiento: *Comportamiento sexual en adolescentes* (2003); *La mosca como transmisora de patógenos* (2004); *Resistencia física y nutrición en niños* (2005); *Triatominidos y riesgo para la enfermedad de Chagas en barrios subnormales* (2006); *Kwiku: visión intercultural de la enfermedad de Chagas en la comunidad indígena Arhuaca de Séynimin* (2007); *Manifestaciones alérgicas en estudiantes por ácaros* (2009); *Organoleptia y aceptación de la carne de equino* (2010). *Uso de redes sociales en la prevención del dengue* (2013); *Aromatizantes a partir del mango variedad número once* (2015); *Música vallenata interpretada con instrumentos clásicos y uso en la concentración* (2016); *Características y adaptabilidad de estudiantes migrantes venezolanos en el sistema educativo colombiano* (2018); entre otros trabajos tutoriados por otros docentes de diferentes áreas. Algunos de ellos han sido publicados en la revista Meridies.

Todos han sido sustentados por estudiantes en eventos de ciudades y poblaciones como: Cali, Cartagena, Valledupar, Aguachica, La Jagua, Cúcuta, San Cristóbal (Venezuela), Bogotá, Medellín, Manizales, Pasto, Montería, Tunja, Santa Marta, Barranquilla y en Cáceres, España (2006), primer intercambio investigativo entre una escuela del Caribe colombiano con otro de Europa y hasta donde sabemos de uno público en Colombia; Novo Hamburgo, (Estado Rio Grande do Sul, Brasil, 2014), y cinco IES de Salamanca y Cáceres, España en 2016.

Hemos recibido el reconocimiento como “Pioneros en el Cesar en Investigación Formativa en el Bachillerato”, Nodo Bolívar RedCOLSI (2003); mejor Experiencia en Competencias Científicas de Valledupar (2005); seleccionada al Foro Educativo Nacional (2005); Premio Excelencia Pedagógica (2006); reconocimiento Logros Académicos por la Cámara Júnior Internacional 2005 y experiencia Nominada al Premio Compartir al Maestro 2007, máximo galardón en Colombia de esta naturaleza. En la actualidad lideramos un grupo consolidado de profesores denominado CECCE (Centro Estudios por una Cultura Científica desde la escuela), que pretende ampliar la estrategia CONCIENCIA MODO 2 en todo su recorrido de gestión del conocimiento. Este año celebramos la primera versión del Encuentro de Cultura Científica y Ciudadana desde la Escuela Oficial. Esperamos que en la versión 2019 puedan acompañarnos centros de España y de otros países.

Vivencias nuestras, saberes propios

Para finalizar por lo pronto, pues este es un viaje pedagógico sin descanso terrenal, al final de cada bucle, los estudiantes han reforzado su autonomía y la capacidad para emitir juicios en su desempeño y en el de sus pares. Comprendieron que la escuela es más que un espacio para metas personales y que su esfuerzo no se puede diluir en los éxitos artificiales de la nota, sino que lo que aprenden, tiene utilidad en la vida real con una motivación más allá de la calificación.

Por primera vez son conscientes de la combinación racionalidad-emotividad en el aprendizaje. De hecho, al convertirse la pregunta en una invitación antes que una agresión se han vinculado con los problemas del entorno relacionados con su calidad de vida.

Como profesores y directivos hemos comprobado que nuestras acciones desde la educación en CT+I marcan pautas y permiten la participación del estudiante en la dinámica social de su comunidad; que podemos sentirnos parte del grupo que decide, no del que sobrevive; que somos capaces desde la escuela pública de provincia; que no sólo por su folclor puede ser noticia el Cesar y Valledupar; y que, sin duda lo más importante en el actual momento de la postverdad y de reconciliación nacional, la nuestra es una apuesta contraria a la mezcla de violencia-corrupción, pues mientras ésta busca el silencio y la resignación, nosotros intentamos rescatar la pregunta y la búsqueda de soluciones.

PENSAMIENTO CRÍTICO: LA ESPERANZA EN EL PAÍS DE LOS CIEGOS

María Victoria GIL ÁLVAREZ

Profesora Titular de Química Orgánica. Facultad de Ciencias. Universidad de Extremadura.

A estas alturas, cuestionar las aportaciones con las que **la ciencia** –en general– y **la química** –en particular– han contribuido a mejorar nuestro estado del bienestar, carece de sentido alguno. Basta mirar a nuestro alrededor para descubrir que todo, absolutamente todo lo que nos rodea, es química.

Podemos definir nuestro propio cuerpo como un gran tubo de ensayo, un laboratorio andante, donde simultáneamente se están sucediendo una infinidad de reacciones químicas, todas necesarias para mantenernos vivos. Para que dichas reacciones se lleven a cabo necesitamos aportar alimentos, respirar el oxígeno del aire y que los rayos de la luz del sol incidan, de forma moderada y controlada, sobre nosotros.

Nuestra **cocina** es, igualmente, otro gran laboratorio: ¿somos verdaderamente conscientes de la gran cantidad de reacciones químicas que tienen lugar mientras cocinamos un alimento? Esas reacciones pueden transcurrir con cambios de color, gracias a la formación de pigmentos que se originan durante, por ejemplo, los calentamientos a los que sometemos a dichos alimentos. A su vez, durante esos procesos se generan sustancias responsables de aromas y sabores que los consumidores “exigimos” en nuestros platos, así como las texturas deseadas en los mismos. Todos estos aspectos contribuyen a que se adquiera el *flavor* característico de cada alimento.

Pero volvamos a las aportaciones que esta disciplina ha hecho a la humanidad, y planteémonos qué sería de nosotros ante un día sin química. Ese día no tendríamos acceso a agua potable, alimentos, agroquímicos, medicinas, cosméticos con los que asearnos, así como a miles de materiales presentes en una infinidad de objetos cotidianos. A pesar de lo anteriormente expuesto, las connotaciones negativas asociadas a la palabra química han ido creciendo en los últimos años. A ello han contribuido **las drogas, los venenos, los explosivos y un lamentable largo etc.**, y son estos últimos los que parecen dominar la percepción que la sociedad tiene de esta rama de la ciencia, mientras que el resto de disciplinas científicas son vistas bajo una perspectiva mucho más amable. Todo ello ha conducido a los grandes divulgadores a acuñar el término **quimiofobia**, referido al miedo que suscitan las sustancias químicas. Los medios de comunicación y las estrategias de marketing de algunas empresas se han encargado de agravar esta situación: de hecho, decenas de spots publicitarios hacen uso del reclamo “100% natural”. ¿Acaso no conocemos que todos los alimentos, de procedencia natural o no, contienen, en mayor o menor medida, carbohidratos, lípidos, proteínas, vitaminas y minerales? ¿Y qué decir del agua, que no es sino un compuesto químico?

Ante tal panorama, en las Naciones Unidas (2008) se decidió reconocer los logros en química y sus contribuciones a la humanidad, celebrando, en 2011, el Año Internacional de la Química. Durante los múltiples eventos celebrados bajo el lema “**Química: nuestra vida, nuestro futuro**”, se puso de manifiesto cómo esta rama contribuía, de forma vital, a alcanzar

los objetivos de la Década de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible (2005-2014). Dichos objetivos iban encaminados a integrar los principios, valores y prácticas del **desarrollo sostenible** en todos los aspectos de la educación y el aprendizaje, con el fin de fomentar cambios de comportamiento necesarios para preservar la integridad del medio y la viabilidad de la economía, de modo que las generaciones actuales y venideras gocen de justicia social.

Por fortuna, esa fobia a la que anteriormente aludía tiene curación, aunque sólo se consigue adquiriendo **cultura científica**, labor que va de la mano de la divulgación. Si la sociedad logra reconocer la importancia no sólo de la química sino de la ciencia en general, podrá exigir a sus gobiernos que se invierta más en investigación, ya que **un país sin ciencia, sin avances científicos, es un país que termina anquilosado**.

Además, esa cultura es la que nos permite opinar con cierto criterio sobre temas de rigurosa actualidad como la investigación con células madre, la energía nuclear o los alimentos transgénicos y ecológicos, entre otros.

Asimismo, nos aporta argumentos para discernir entre ciencias y **pseudociencias**. Es lamentable que en pleno siglo XXI haya personas que malgasten su dinero en sesiones de numerología, astrología y, aún peor, que pongan su salud en manos de las medicinas alternativas, absolutamente carentes de rigor científico alguno. No olvidemos que muchas enfermedades erradicadas hace años en Europa están volviendo a emerger debido a **los movimientos antivacunas**. Nuevamente, la medicación ante estos movimientos sociales vuelve a ser la cultura científica.

La importancia de la divulgación se centra, además, en **el despertar de vocaciones científicas**. Las materias de ciencias no gozan de excesiva popularidad entre los niveles académicos de Secundaria y Bachillerato, posiblemente debido a que son consideradas materias aburridas y especialmente complejas. ¿Percibe verdaderamente la sociedad la utilidad de la ciencia? ¿Está justamente reconocida la figura del científico?

¿Y de las científicas? Reflexionemos sobre el siguiente hecho. Las Conferencias Solvay, organizadas bajo el mecenazgo del químico e industrial belga Ernest Solvay, son una serie de reuniones científicas que se celebran desde 1911, permitiendo congregarse a los más grandes científicos de la época.

La I Conferencia Solvay, celebrada bajo el lema Radiación y los cuantos, reunió en Bruselas a veintitrés hombres y una sola mujer, Marie Curie. Un siglo después, la XXV Conferencia (2011) que versó sobre la Teoría del mundo cuántico, reunió a sesenta y siete hombres y tan sólo dos mujeres.

Esta terrible ratio se observa, de igual modo, entre los galardonados por los Premios Nobel: ochocientos cincuenta y tres hombres frente a cincuenta y dos mujeres (veinticinco de ellas compartieron galardón).

El último informe de Científicas en Cifras (2017) analiza la presencia relativa de mujeres en los distintos niveles y ámbitos de la ciencia en España, con especial atención a la carrera investigadora en Universidades y Organismos Públicos de Investigación (OPIs), a la composición de órganos de gobierno y evaluación, y a los resultados de la participación en convocatorias de financiación de I+D+i. Todo ello con el propósito de identificar y cuantificar brechas de género, que permitan orientar nuevas actuaciones a favor de la igualdad efectiva en la participación de mujeres y hombres en investigaciones financiadas con fondos públicos.

Este último análisis de la (des)igualdad de género en la ciencia española concluye que sigue destacando la escasa presencia de mujeres en los cargos de gobierno, se mantiene el techo de cristal en la carrera investigadora y que continúa la brecha de género en las convocatorias de proyectos de I+D+i.

Un reciente y valiente estudio publicado este mismo año en la prestigiosa revista Nature atribuye a la maternidad esta brecha tan llamativa, y ha sido el germen de campañas tan virales como la iniciada en España, en 2018, bajo el lema O científica o madre.

Para tratar de paliar todo lo anteriormente expuesto, los científicos tenemos mucho que aportar. Si bien nuestras principales labores se centran en la docencia e investigación, debemos ser conscientes de que en nuestras manos está realizar una labor social tremendamente importante a la vez que subestimada, y consiste en dedicar una parte de nuestro tiempo a la divulgación.

En los últimos años y gracias al auge de las redes sociales y los blogs de divulgación, el mundo 2.0 se está convirtiendo en uno de los principales medios divulgativos. El uso de estas estrategias permite que la información llegue, con un lenguaje sencillo y sin el uso excesivo de tecnicismos, a miles de personas, con la consiguiente ganancia en cultura científica.

De igual modo están cambiando los escenarios empleados para la transmisión del conocimiento; así, lejos de los arcaicos salones de actos, ahora se divulga en lugares tan variopintos como parques o bares. En este contexto cabe destacar la importancia de la iniciativa del festival Pint of Science, cuyo objetivo es ofrecer charlas sobre las últimas investigaciones de cada científico participante, en un formato accesible al público como puede ser un bar, brindando de este modo una plataforma que permite a los asistentes discutir sus inquietudes con los propios investigadores.

Una experiencia tremendamente humana y gratificante es la que algunos divulgadores hemos tenido el honor de vivir, y consiste en divulgar en centros penitenciarios, concretamente bajo el formato de entrevistas realizadas por los propios internos, quienes deben preparar un tema con pocos días de antelación y con escasos recursos bibliográficos, ya que desde la prisión no pueden acceder al mundo de la información y la comunicación.

Igualmente gratificante es llevar ciencia a **niños hospitalizados**, una entrañable vivencia difícil de borrar de la retina de quienes hemos tenido la suerte de experimentarla. De este modo se consigue aliviar el dolor de estos niños y alegrar sus días de ingreso, fomentar vocaciones científicas y transformar su tristeza en diversión mediante la realización de talleres educativos y terapéuticos.

Un gran inconveniente que nos encontramos aquellos profesores/investigadores a los que nos apasiona este mundo de la divulgación, es que nuestra labor está subestimada por algunos miembros de la comunidad universitaria, y todo ello a pesar de que la actual Ley de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación contempla, entre otros aspectos, la promoción de las labores de divulgación. Sin embargo, mucho me temo que hasta que éstas no sean reconocidas a nivel curricular, hasta que no se diseñe **una propuesta para alcanzar el reconocimiento de la divulgación científica como mérito en la carrera docente e investigadora**, seguiremos siendo sólo unos pocos los que dediquemos parte de nuestro tiempo a esta importante, a la par que gratificante, labor.

Se concluye este artículo con una afirmación bastante ilustrativa de la situación actual: Vivimos en una sociedad profundamente dependiente de la ciencia y la tecnología en la que nadie sabe nada de ciencia y tecnología. Carl Sagan (1934-1996)

Supone un verdadero honor para mí haber impartido la conferencia inaugural de la XXIII Reunión Científica (Jaraíz de la Vera, 2019)

Gracias por contar conmigo

LOS TERREMOTOS DE SAN FRANCISCO Y VALPARAÍSO DE 1906 REGISTRADOS POR EL OBSERVATORIO FABRA DE BARCELONA

San Francisco and Valparaíso earthquakes of 1906 recorded by the Fabra Observatory of Barcelona.

Rosend Amores¹ y José Fenollar^{2*}

IES Ribot i Serra, c/ Conxa Espina, 33 Sabadell (Barcelona)

². jfenoll2@xtec.cat.

* Profesor coordinador.

RESUMEN: Los sismógrafos antiguos mecánicos son aparatos pesados que suelen utilizar papel ahumado para hacer registros de terremotos. Sin embargo, consta de una precisión y acuracidad que posteriores sismógrafos no tienen. Como se puede ver en los registros de los terremotos de San Francisco y Valparaíso de 1906 del Observatorio Fabra de Barcelona, los sismogramas requieren lupas para ser analizados. A medida que pasó el tiempo aparecieron los sismógrafos electromagnéticos que utilizan papel fotográfico y permiten ampliaciones superiores. Sin embargo, actualmente los terremotos se registran a través de sismógrafos digitales que son capaces de obtener información con mayor rapidez y analizar un sismograma con más facilidad.

Palabras clave: Sismógrafos, San Francisco, terremotos, Valparaíso

ABSTRACT: Antique mechanical seismographs are heavy devices that often use smoked paper to record earthquakes. However, They have an accuracy and precision that later seismographs do not have. As can be seen in the records of the 1906 San Francisco and Valparaíso earthquakes from the Fabra Observatory in Barcelona, the seismograms require magnifying glasses to be analysed. As time went on, electromagnetic seismographs appeared that use photographic paper and allow higher magnification. However, earthquakes are currently recorded by using digital seismographs that are able to obtain information more quickly and analyse a seismogram more easily

Key-words: Seismographs, San Francisco, earthquakes, Valparaíso.

MERIDIES, 25 (2022)

ISSN (versión impresa): 1137-8794

INTRODUCCIÓN

La sismología es una rama de la geofísica que se encarga de estudiar los terremotos y la propagación de las ondas sísmicas que se originan en el interior y en la superficie de la Tierra. Es una ciencia relativamente nueva ya que sus métodos e instrumentos de observación se desarrollaron durante el siglo XX. La sismología busca conocer la estructura interna de la Tierra para así descubrir las causas que provocan los terremotos y poder prevenir daños sísmicos. Además, también estudia otros fenómenos relacionados con los movimientos sísmicos como los maremotos y las vibraciones previas a las erupciones volcánicas.

El registro instrumental de los terremotos o, dicho de otro modo, la obtención de sismogramas que registran el movimiento del suelo durante un terremoto, no empezaba hasta el último cuarto del siglo XIX y, aunque, en pocos lugares y de forma muy elemental (Dewey y Byerly, 1969). El registro no se generaliza realmente hasta el comienzo del siglo XX. En Cataluña, este registro instrumental comenzará el año 1904 con la puesta en funcionamiento de los sismógrafos del Observatorio del Ebro en Roquetes (Baix Ebre) y, poco más tarde, del Observatorio Fabra, en Barcelona, el año 1906. Estas han sido, por otra parte, las dos únicas estaciones sísmicas que han mantenido el registro de la sismicidad en Cataluña hasta las nuevas redes sísmicas, de un alcance y sensibilidad mucho más altos, a los años ochenta; muy

especialmente, la del Instituto Cartográfico de Cataluña (véase por ejemplo Mezcu, 1995; Olmedillas, 1996).

El Observatorio Fabra de Barcelona pertenece, desde su fundación en 1904, a la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, institución científica de referencia en Barcelona desde 1764. Desde sus inicios la sección de sismología ha dedicado prioritariamente al estudio de la sismicidad regional y ha creado y mantenido un registro instrumental continuo de la sismicidad detectada.

Los registros y documentos sobre la sismicidad regional acumulados en el Observatorio Fabra son fundamentales para el estudio de la sismicidad histórica en Cataluña. Para su preservación y mejor explotación, ambas instituciones trabajan conjuntamente para digitalizar y ponerlos al alcance del público. Los sensores sísmicos están instalados en el sótano del observatorio a un pilar sísmico específicamente construido para su ubicación.

MATERIAL Y MÉTODOS

La sección sísmica del Observatorio Fabra inicia su tarea en 1906-07 cuando se ponen en funcionamiento los sismógrafos mecánicos de origen italiano como el Cancani, el Vicentini (Fig. 1) y el Agemennone, los cuales funcionan de manera regular hasta el 1914, momento en el que se realizan obras de acondicionamiento de los locales del Observatorio destinados a instrumentación sísmica. Por el mal estado de los péndulos Cancani y Agamennone consecuencia de la humedad del lugar, que haría costosa su puesta a punto, se sustituyen por dos péndulos horizontales Mainka y se reinstala el péndulo Vicentini. Estos dos sistemas, el registro de los cuales es de tipo mecánico sobre papel ahumado (Figs. 3 i 8) han funcionado de manera ininterrumpida hasta la actualidad, conservándose en perfecto estado en su ubicación original de 1914.

Las ondas sísmicas son un tipo de onda elástica que se propagan desde el hipocentro del terremoto o movimiento sísmico a través de un medio material elástico. También se puede decir que son paquetes de energía de deformación elástica que se propagan hacia fuera desde una fuente sísmica, como puede ser un terremoto o una explosión. Existen dos tipos de ondas sísmicas:

Las ondas secundarias (ondas S) (Fig. 2) son ondas transversales o de corte, es decir, se desplazan perpendicularmente a la dirección de propagación de la onda.

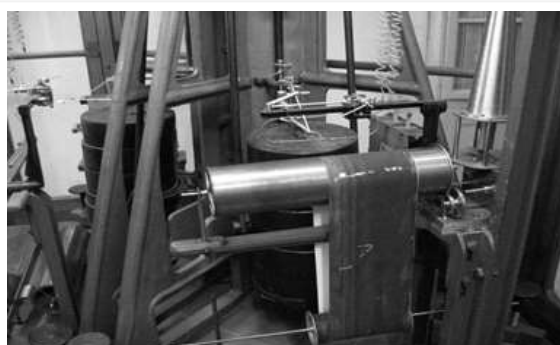


Fig. 1.- Sismógrafo Vicentini de papel ahumado del Observatorio Fabra.

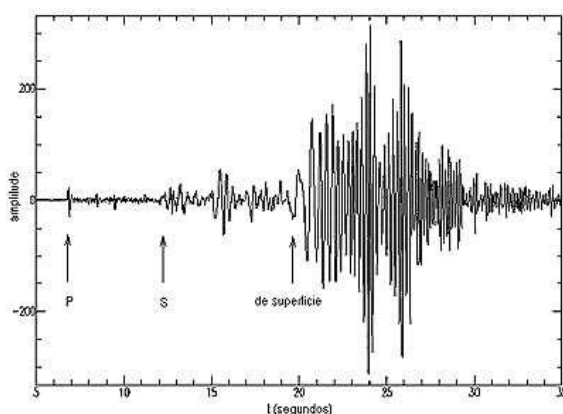


Fig. 2. Registro de un terremoto con las correspondientes ondas. Primero las ondas Primarias (P), después Secundarias (S) y finalmente las ondas superficiales (imagen de <http://www.obsebre.es/ca/sismica-instruments-i-metodologia>). Observatorio del Ebro.

Este tipo de onda sólo puede viajar en medios sólidos ya que los medios líquidos no pueden soportar los esfuerzos de corte. La velocidad de las ondas S (de 4 a 6 km/s aproximadamente) es menor a la de las primarias (P) (Fig. 2), aunque estas causan más daños.

Las ondas superficiales (Fig. 2) aparecen cuando las ondas internas llegan a la superficie y se propagan a través de la interfase de la superficie. Son las ondas que tienen menos velocidad de propagación, pero son las que provocan más daños. Además, sólo aparecen con terremotos con magnitudes e intensidades considerables. Existen dos tipos de ondas superficiales: ondas Rayleigh (ondas R) y ondas Love (ondas L).

Dado que las ondas P se propagan a mayor velocidad que otros tipos de ondas, son las primeras a ser registradas en un sismograma. Después llegan las ondas S y por fin las ondas superficiales (ondas Rayleigh y ondas Love). En un sismograma podemos ver que las ondas P tienen una amplitud de onda muy pequeña mientras que las ondas superficiales tienen la amplitud de onda más grande (Fig. 2).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de los terremotos de California

California es un estado de los Estados Unidos situado en la costa occidental de América del Norte. Este estado se caracteriza por formar parte del anillo de fuego del Pacífico. El anillo de fuego del Pacífico es una zona caracterizada por concentrar las zonas de subducción más importantes del mundo, ocasionando actividad sísmica y volcánica.

El océano Pacífico reposa sobre varias placas tectónicas que están en permanente fricción y por lo tanto, acumulan tensión. Cuando esta tensión se libera, origina terremotos en los países del cinturón. Además, la zona concentra actividad volcánica constante. En esta zona las placas de la corteza terrestre se hunden a gran velocidad (varios centímetros por año) y a la vez acumulan enormes tensiones que deben liberarse en forma de sismos.

California, además, se encuentra encima de una falla muy famosa llamada falla de San Andrés. La falla de San Andrés se formó hace unos 30 millones de años en California, cuando la placa pacífica y la estadounidense se encontraron. Nació así una especie de falla, compuesta por dos placas que se mueven en la dirección opuesta, pero horizontalmente con respecto a la superficie de la tierra (falla transformante).

La falla de San Andrés forma la cadena principal del límite de la placa, que se extiende desde el norte del Golfo de California (Baja California, México) hasta la región del cabo Mendocino. La falla en esta región está bloqueada, no exhibe fluencia en la superficie y genera muy pocos micro terremotos que están asociados con deslizamientos menores en la profundidad. Mediante el área de la Bahía de San Francisco, la tasa de deslizamiento en la falla de San Andrés es de aproximadamente 20 mm / año (4/5 pulgadas / año). El terremoto de magnitud 7.9 del 18 de abril de 1906 de San Francisco fue el gran terremoto más reciente en la falla de San Andreas y se rompió aproximadamente desde el cabo Mendocino hacia el sur hasta San Juan Bautista.

Terremoto de San Francisco del 18 de abril de 1906

Este terremoto es uno de los más devastadores en la historia de California (Tabla I). El terremoto y los incendios resultantes causaron

Tabla I. Características del terremoto de San Francisco.

Magnitud (MW)	Ubicación	Hora y día	Profundidad
7,9	37.750 ° N 122.550 ° O	18-04-1906 13: 12: 26.300	11,7 Km

un estimado de 3000 muertes y 524 millones de dólares en pérdidas materiales.

Registro del Observatorio Fabra del terremoto de San Francisco del 18 de abril de 1906

El observatorio de Fabra mantiene registros del terremoto de San Francisco de 1906. Este terremoto tuvo lugar el 18 de abril de 1906, por eso fue medido por el sismógrafo Vicentini mecánicamente sobre papel ahumado (Fig. 3).

Los sismogramas de papel ahumado eran muy precisos y para analizarlo y localizar las ondas S y P había que utilizar una lupa. En este registro las ondas S y P se localizan en la siguiente zona (Fig. 3)

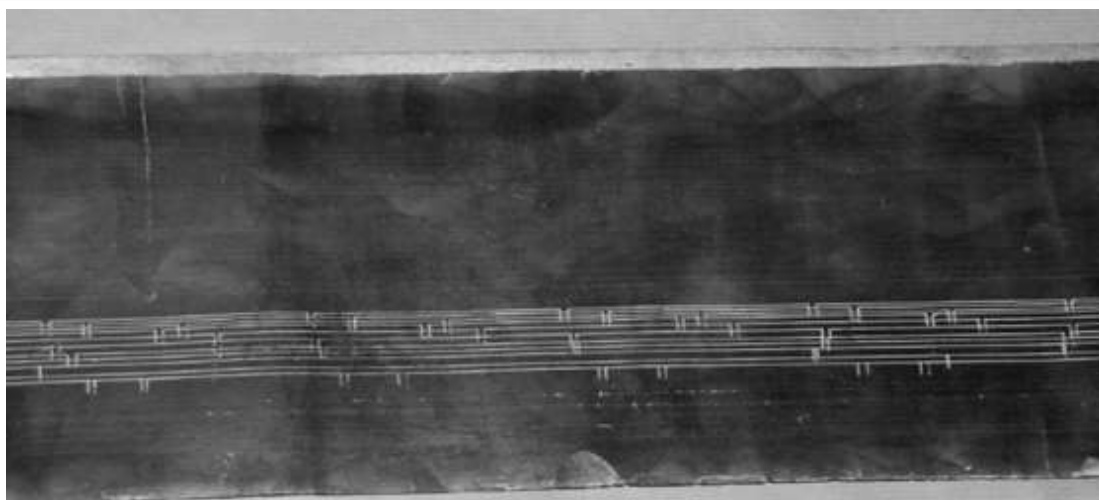


Fig. 3.- Localización de las ondas sísmicas en el sismograma de papel ahumado del terremoto de San Francisco mediante un círculo rojo. Sismogramas con papel ahumado del Observatorio Fabra que registró el sismógrafo Vicentini del terremoto de San Francisco.

En la Fig. 4 se representa el diagrama del terremoto de San Francisco registrado en el Observatorio Fabra el 18 de abril de 1906.

Entre los días 29 y 27 de abril se comunicó este hecho al periódico La Vanguardia y se publicaron diferentes artículos hablando del terremoto (Figs. 5-7).

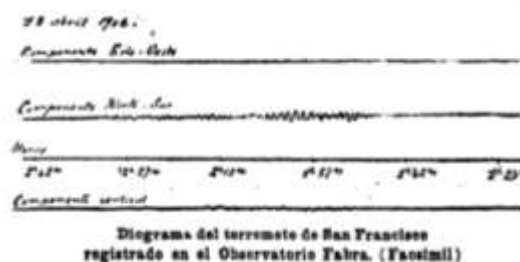


Fig. 4.- Diagrama del terremoto de San Francisco registrado en el Observatorio Fabra el 18 de abril de 1906.

El domingo por la mañana visitaron el Observatorio Fabra los alumnos de la Cámara de Comercio de Toulouse con sus profesores y los representantes de la Cámara de Comercio francesa de Barcelona. Fueron recibidos por el director del Observatorio, don José Comas Solá, quien les acompañó en su visita y les dio explicaciones sobre los diversos instrumentos con que cuenta el Observatorio, quedando admirados todos los visitantes de tan hermosa instalación científica. Además, los visitantes contemplaron con vivísimo interés las curvas trazadas por uno de los sismógrafos del Observatorio Fabra, curvas que señalaron con los más minuciosos detalles el terrible terremoto de San Francisco, antes de recibirse noticias telegráficas del mismo y que el señor Comas Solá fué el primero en dar a la publicidad en Barcelona.

Fig. 5.- Página 4 de La Vanguardia del 29 de abril de 1906.

DA5.
Díese cuenta de una comunicación del director del Observatorio Fabra, señor Comas Solá, en que participa haber sido registrado fielmente por el sismógrafo de aquella dependencia de la Academia, el terrible terremoto recientemente ocurrido en San Francisco de California.
El académico numerario, doctor don Manuel Maza Navarrete, levantó en trabajo de terna

Fig. 6.- Página 2 de La Vanguardia del 24 de abril de 1906.

Análisis de los terremotos de Chile

Chile se encuentra ubicado sobre la placa Sudamericana, en su borde occidental donde convergen y generan zonas de subducción las placas de Nazca y Antártica, en tanto que la placa de Scotia desliza horizontalmente respecto a la placa Sudamericana. Estas interacciones producen una gran deformación del continente Sudamericano, y generan terremotos en todo Chile. Debido a la alta velocidad de convergencia entre Nazca y Sudamérica, la sismicidad en esta zona es la más intensa y produce los mayores terremotos en el país.

Una zona de subducción ocurre en bordes de placas convergentes. La placa más densa o más pesada penetra bajo la menos densa, debido al peso de la placa. En estas zonas se dan todo tipo de sismos o terremotos tectónicos.

Terremoto de Valparaíso del 17 de agosto de 1906

El arco sudamericano se extiende por más de 7000 km, desde el margen chileno de triple unión frente a la costa del sur de Chile hasta la intersección con la zona de fractura de Panamá, frente a la costa sur de Panamá a América Central. Marca el límite de la placa entre la placa de Nazca en subducción y la placa de América del Sur, donde la corteza oceánica y la litosfera de la placa de Nazca comienzan su descenso hacia el manto bajo de América de Sur. La convergencia asociada con este proceso de subducción es responsable de la elevación de las montañas de los Andes y de la cadena volcánica activa presente a lo largo de gran parte de este frente de deformación. En relación con una placa fija de América de Sur, la placa de Nazca se mueve ligeramente a norte del este a una velocidad que varía de aproximadamente 80 mm / año al sur a aproximadamente 65 mm/año en el norte.

La mayoría de los grandes terremotos en América de Sur están limitados a profundidades de 0 a 70 km como resultado de la deformación cortical y interplaca. Los terremotos de la corteza resultan de la deformación y la construcción de montañas en la placa predominante de América del Sur y generan terremotos tan profundos como de aproximadamente 50 km. Los terremotos interplaca ocurren debido al desprendimiento a lo largo de la interfaz de inmersión entre las placas de Nazca y América de Sur. Los terremotos interplaca en esta región son frecuentes y a menudo grandes, y ocurren entre las profundidades de aproximadamente 10 y 60 km. Desde 1900, se han producido numerosos terremotos de magnitud 8 o más en esta interfaz de zona de subducción que fueron seguidos por devastadores tsunamis, incluido el terremoto magnitud 9,5 de 1960 en el sur de Chile, el mayor terremoto registrado instrumentalmente en el mundo.



Fig. 7.- Página 6 de La Vanguardia del 24 de abril de 1906.

La subducción de la placa de Nazca es geométricamente compleja e impacta la geología y la sismicidad del borde occidental de América de Sur. Las regiones de profundidad intermedia de la placa de Nazca en subducción se pueden segmentar en cinco secciones según su ángulo de subducción bajo la placa de América de Sur. Tres segmentos se caracterizan por una subducción de inmersión pronunciada; los otros dos por subducción casi horizontal. En estas regiones de subducción la placa de Nazca se mueve horizontalmente durante varios cientos de kilómetros antes de continuar su descenso hacia el manto, y está sombreada por una zona extendida de sismicidad de la corteza en la placa de América del sur. Aunque la placa de América de Sur exhibe una cadena de vulcanismo activo resultante de la subducción y fusión parcial de la litosfera oceánica de Nazca a lo largo de la mayor parte del arco, estas regiones de subducción superficial inferida se correlacionan con el ausencia de actividad volcánica.

Tabla II. Características del terremoto de Valparaíso del 17 de agosto de 1906.

Magnitud (MW)	Ubicación	Hora y día	Profundidad
8,2	32.400°S 71.400°W	17-08-1906 19:55 hora local	35 Km

Registro del Observatorio Fabra del terremoto de Valparaíso del 17 de agosto de 1906

El registro del terremoto de Valparaíso del 17 de agosto de 1906 (Tabla II) en el Observatorio Fabra fue medido por el sismógrafo Vicentini con papel ahumado (igual que el terremoto de San Francisco) (Fig. 8).



Fig. 8.- Registro con papel ahumado correspondiente al terremoto del día 17 de agosto de Valparaíso obtenido con el sismógrafo Vicentini de l'Observatorio Fabra. Localización de les ondas sísmicas del terremoto de Valparaíso en un círculo rojo.

El Observatorio, además, conserva una ficha de la época hablando de los detalles del sismograma (Fig. 9).

Teniendo en cuenta los terremotos analizados y los otros puntos tratados podemos llegar a las siguientes conclusiones:

- Los sismógrafos antiguos mecánicos son aparatos pesados que suelen utilizar papel ahumado para hacer registros de terremotos. Sin embargo, consta de una precisión y acuracidad

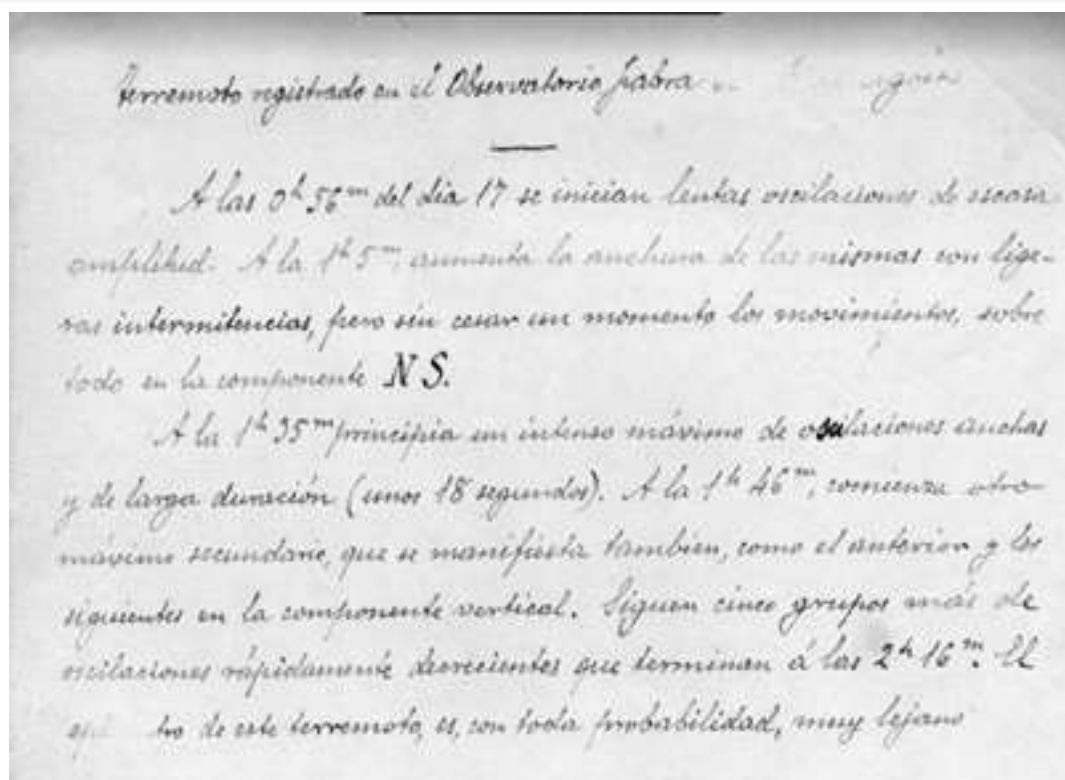


Fig. 9-Ficha detallada de las características del sismograma del terremoto de Valparaíso.

que posteriores sismógrafos no tienen. Como se puede ver en los registros de los terremotos de San Francisco y Valparaíso de 1906, los sismogramas requieren lupas para ser analizados. A medida que pasó el tiempo aparecieron los sismógrafos electromagnéticos que utilizan papel fotográfico y permiten ampliaciones superiores. Sin embargo, actualmente los terremotos se registran a través de sismógrafos digitales que son capaces de obtener información con mayor rapidez y analizar un sismograma con más facilidad.

- A medida que ha ido pasando el tiempo, el aumento de la simplicidad de los sismógrafos ha facilitado su accesibilidad, lo que permite que existan más estaciones sismológicas capaces de registrar un terremoto. Incluso, una persona cualquiera puede obtener un sismógrafo y obtener sus propios registros. Junto con la evolución de los medios de comunicación, la localización del epicentro de un terremoto y la prevención de los daños se facilita considerablemente.

- La Tierra siempre está en movimiento, por lo tanto, los movimientos sísmicos nunca acabarán. Aun así, el estudio constante de los materiales y del interior de la Tierra ha permitido que el impacto de un terremoto sea menos destructivo. El terremoto de San Francisco de 1906, por ejemplo, fue mucho más destructivo en comparación con el terremoto de California de 2019. A pesar de que sus magnitudes son diferentes, probablemente un terremoto de grandes magnitudes en la actualidad sería menos catastrófico que hace cien años. Esto lo podemos ver en los diferentes gráficos de intensidades de los diferentes sismos de antes y ahora.

- Una de las razones principales del estudio de los movimientos tectónicos es la predicción de terremotos, aunque éste es tema suficiente para otro trabajo de investigación. La composición del terreno es un factor muy importante en el comportamiento del interior de la Tierra y su estudio podría aportar información que podría ser útil a la hora de predecir posibles sismos o detectarlos antes de que se originen.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a María Teresa Merino, responsable de sismología del Observatorio Fabra, por facilitarnos los datos sobre los terremotos estudiados y sus sismogramas correspondientes.

REFERENCIAS

- Dewey, J. y Byerly, P. (1969). The early history of seismomery (to 1909). *Bulletin of the Seismological Society*. Vol 59 (1), 183-227.
- Mezcua, J. (1995). *Fundamentos de la Red Sísmica de España*. Mezcua J.(ed). Redes sísmicas regionales. Monografía núm. 11. Instituto Geográfico Nacional. Madrid, 63-86.
- Olmedillas, J.C. (1996). *Instrumentación de la Red sísmica del Servei Geològic de Catalunya*. Vidal F.; Espinar M. y Esquivel J.(ed). Homenaje en honor al profesor Fernando de Miguel Martínez, IAGDS. Universidad de Granada. Granada, 487-508.

UN ESTUDIO SOBRE LA RELACIÓN ENTRE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA DE SABADELL (BARCELONA) Y ZIERBENA (VIZCAYA), Y LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS: LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA, LA VELOCIDAD DEL VIENTO Y LA PRECIPITACIÓN

A study on the relationship between atmospheric pollution of Sabadell (Barcelona) and Zierbena (Vizcaya), and meteorological variables: atmospheric pressure, wind and precipitation.

Nereyda Amores¹, José Fenollar^{2*}

IES Ribot i Serra, c/ Conxa Espina, 33 Sabadell (Barcelona)

¹nereamores@gmail.com, ²jfenoll2@xtec.cat

* Profesor coordinador.

RESUMEN: En este trabajo encontraremos nociones básicas sobre la contaminación del aire y cómo nos afecta a las personas. Además, podremos conocer las causas del aumento de contaminación atmosférica y diferentes soluciones para reducirla. La gente no está muy informada sobre de dónde realmente provienen estos contaminantes que llegan a nuestra atmósfera, del grave impacto que tienen en los seres vivos y como realmente podemos contribuir individualmente a mejorar la calidad del aire que respiramos. En conclusión, este trabajo tiene como objetivo hacer un estudio sobre la relación de la contaminación atmosférica, concretamente de Sabadell (Barcelona) comparándola con la ciudad de Zierbena (País Vasco), con las variables meteorológicas: presión atmosférica, viento y precipitación.

Palabras clave: Contaminación atmosférica, precipitación, presión atmosférica, temperatura, viento.

ABSTRACT: In this work we will find basic notions about air pollution and how it affects people. In addition, we will be able to know the causes of the increase in air pollution and different solutions to reduce it. People are not very well informed about where these pollutants that reach our atmosphere really come from, the serious impact they have on living beings and how we can really contribute individually to improve the quality of the air we breathe. In conclusion, the aim of this work is to study the relationship between atmospheric pollution, specifically in Sabadell (Barcelona), and the city of Zierbena (Basque Country), with the meteorological variables: atmospheric pressure, wind and precipitation

Key-words: Atmospheric pollution, precipitation, atmospheric pressure, temperature, wind.

MERIDIES, 25 (2022)

ISSN (versión impresa): 1137-8794

INTRODUCCIÓN

La atmósfera es la capa de gases que rodea la Tierra y de ésta dependen todas las formas de vida. Está compuesta mayoritariamente por nitrógeno y oxígeno. La atmósfera es fundamental para la existencia de vida en nuestro planeta, ya que sin estos gases no habría vida. La contaminación atmosférica es la presencia de materias en el aire que implican riesgo o grave daño a los seres vivos y a la naturaleza. Debido a esto, la normativa europea obliga a los países a tener un control de la calidad del aire, midiendo las concentraciones en la atmósfera de los diferentes gases considerados contaminantes. Para controlar la cantidad de contaminación atmosférica se deben diferenciar los valores de emisión y los valores de inmisión. Al proceso de emisión los gases se lanzan a la atmósfera, donde permanecen durante un cierto tiempo (tiempo de residencia) y sufren transformaciones y transportes. Estos gases resultantes (niveles de inmisiones) son los que realmente nosotros respiramos y los que afectan a nuestra salud y al medio ambiente. Actualmente, los niveles de contaminación atmosférica aumentan cada vez más, y en las ciudades los niveles de contaminación son 2,5 veces más altos que los niveles

permitidos por las Naciones Unidas. Causas como el uso de combustibles, el aumento de transportes motorizados o las deficiencias en el consumo energético provocan un gran deterioro en la calidad del aire de nuestro planeta. La contaminación atmosférica es un tema al que no se le ha prestado la debida atención y que actualmente se está convirtiendo en una amenaza para nuestro planeta. Para conseguir una mejora se aplicarán muchas medidas y hay que hacer mucha investigación. Esta situación nos lleva a la siguiente pregunta: ¿cómo nos afecta realmente la contaminación atmosférica y cómo podemos evitar sus consecuencias?

Principales gases contaminantes.

Son considerados contaminantes atmosféricos las sustancias que alcanzan concentraciones por encima de su nivel ambiental normal, de forma que producen riesgos, daños o molestias a las personas, ecosistemas o bienes. Estos gases pueden ser: Antropogénicos, llegan a la atmósfera debido a la acción humana (transporte, industria, etc.) o naturales, que provienen de acciones naturales (erupciones volcánicas, tormentas de arena, etc.).

Actualmente, los contaminantes controlados son: dióxido de azufre (SO₂), monóxido de nitrógeno (NO), dióxido de nitrógeno (NO₂), ozono (O₃) (Castell y Mantilla, 2003; Mantilla *et al.*, 2015), monóxido de carbono (CO), arsénico (As), plomo (Pb), níquel (Ni), mercurio (Hg), cloro (Cl), benceno (C₆H₆), cadmio (Cd), cloruro de hidrógeno (HCl), sulfuro de hidrógeno (H₂S), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), partículas con diámetro inferior a 10 micras (PM10) y partículas con diámetro inferior a 2,5 micras (PM2,5)

Variables meteorológicas

El clima en un entorno es importante a la hora de hablar de contaminación atmosférica. Las variables meteorológicas pueden alterar y modificar la calidad del aire de un lugar, ya que pueden provocar reacciones químicas que den lugar a diferentes contaminantes en la atmósfera o pueden dispersar estos contaminantes por el aire. En este estudio se explican las variables atmosféricas más relevantes y que más pueden modificar el estado del aire. Estas variables son: la presión atmosférica, la velocidad del viento y la precipitación (Luna *et al.*, 1995).

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo de investigación consiste en un estudio sobre la contaminación atmosférica de Sabadell y una comparación con las concentraciones del aire entre Sabadell y Zierbena. Los datos son concretamente del 2017 y han sido medidas por la *Xarxa de Vigilància i Previsió de la Contaminació Atmosfèrica* de la Generalidad de Cataluña y por el Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial del Gobierno Vasco (<http://opendata.euskadi.eus/catalogo/-/calidad-aire-en-euskadi-2017/>).

El área de estudio de este trabajo es la localidad de Sabadell, situada en la comarca del Vallès Occidental en Cataluña. Sabadell tiene una población de 208.246 habitantes, una extensión de 37,8 km² y se encuentra a una altura de 190 m del nivel del mar. La estación se encuentra en el centro de la ciudad, en la calle Gran Vía, por lo tanto, es una estación urbana y de transporte.

La otra área de estudio del proyecto es Zierbena, municipio perteneciente a la comarca de Gran Bilbao de la provincia de Vizcaya (País Vasco). Esta localidad tiene una población de 1.492 habitantes, una extensión de 9,15 km² y se encuentra a una altura de 105 m respecto al nivel del mar. La estación se encuentra en el puerto del pueblo, por lo tanto, la consideramos a la misma altura que el nivel del mar. Además, podemos decir que esta estación es rural y de fondo.

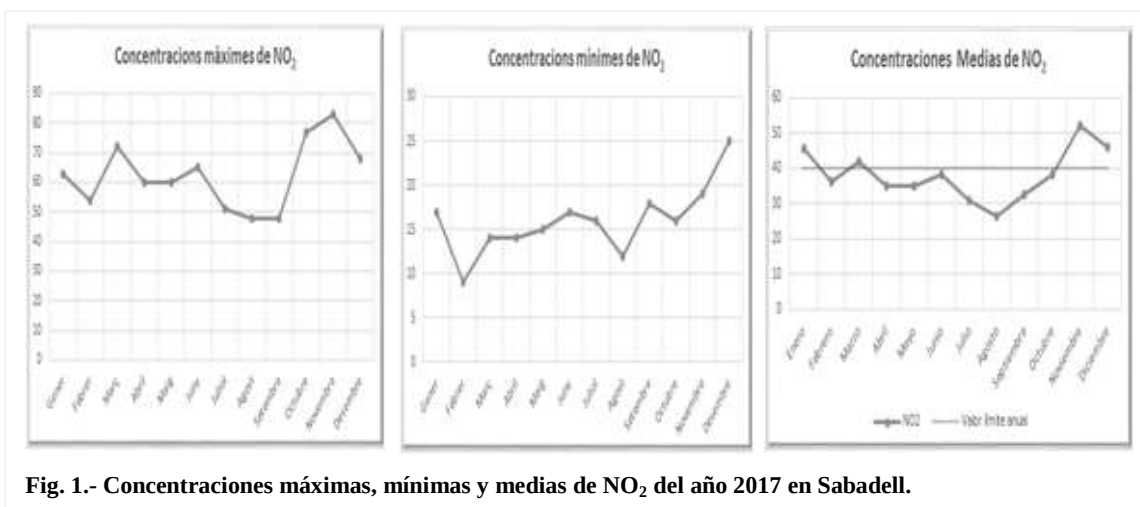
En la estación de Sabadell se miden los siguientes gases contaminantes: el dióxido de nitrógeno (NO_2), el monóxido de nitrógeno (NO), el ozono (O_3) y las PM_{10} . Por otro lado, los gases medidos en la estación de Zierbena son: el dióxido de carbono (CO_2), el monóxido de carbono (CO), los óxidos de carbono (CO_x) y las PM_{10} .

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se muestran las concentraciones máximas, mínimas y medias de los diferentes contaminantes atmosféricos de Sabadell y Zierbena, así como sus variables meteorológicas.

Sabadell

La figura 1 recoge las concentraciones medias, máximas y mínimas de NO_2 durante el año 2017 en Sabadell. Los niveles han sido mucho más altos en invierno que en verano, posiblemente debido a que parte de este NO_2 por acción de la radiación solar forma O_3 . Además,



también podemos decir que los meses de enero, marzo, noviembre y diciembre (sobre todo meses fríos) han superado el límite de $40 \text{ mg}/\text{m}^3$, aunque la media anual de 2017 de NO_2 es de $38,2 \text{ mg}/\text{m}^3$, por tanto, no ha sido superado el límite en 2017.

En la figura 2 se muestran las concentraciones máximas, mínimas y medias de monóxido de carbono (NO) del año 2017 en Sabadell. Podemos comprobar que pasa lo mismo que con el NO_2 : en verano los valores son mucho más bajos que en invierno por el mismo motivo de antes (la formación de ozono debido a la reacción del NO con la radiación solar). Además, al igual que antes, el límite de $40 \text{ mg}/\text{m}^3$ ha sido superado los meses más fríos y con menos radiación solar: enero, noviembre y diciembre. La media de monóxido de carbono en este año es de $29 \text{ mg}/\text{m}^3$,

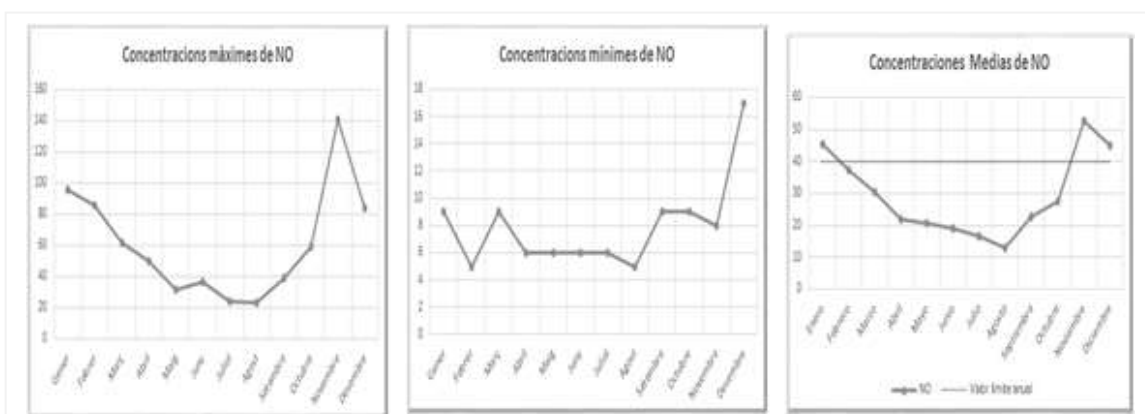


Fig. 2.- Concentraciones máximas, mínimas y medias de NO del año 2017 en Sabadell.

por tanto, el valor límite de NO no ha sido superado en el año 2017

La figura 3 muestra las concentraciones máximas, mínimas y medias de O₃ en el año 2017 en Sabadell. En los meses de verano las concentraciones de ozono aumentan de manera significativa debido al aumento de intensidad de la radiación solar que provoca la reacción con los óxidos de nitrógeno formando ozono. En los meses más fríos los valores de O₃ disminuyen. Asimismo, el límite diario de O₃ (120 mg / m³) no ha sido superado ningún día del año. La concentración media de ozono troposférico en el aire a Sabadell es de 35 mg / m³ en el año 2017.

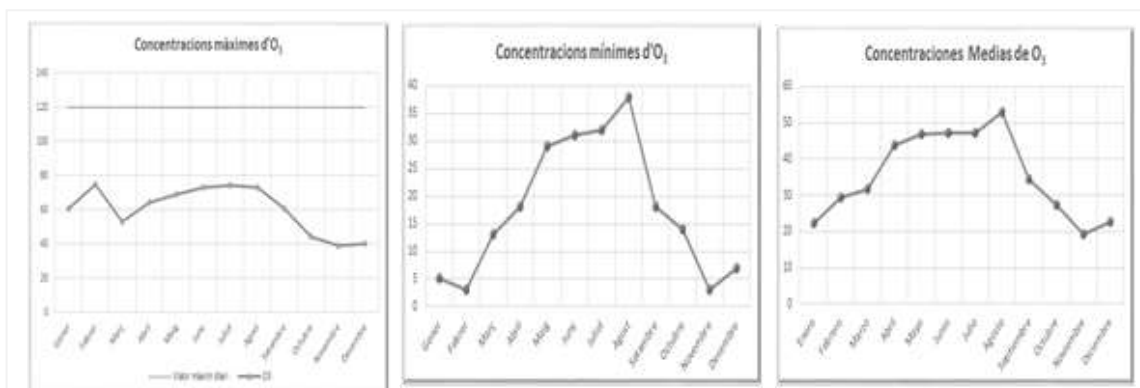


Fig. 3.- Concentraciones máximas, mínimas y medias de O₃ del año 2017 en Sabadell.

En la figura 4 se muestran los valores máximos, mínimos y medios de partículas en suspensión menores a 10 micrómetros (PM₁₀) del año 2017 en Sabadell. Podemos ver que las concentraciones de cada mes han sido muy igualadas y que no se ha superado el límite (40 mg / m³). La media anual de PM₁₀ en el año 2017 es 26 mg / m³, por tanto, se ha superado el límite anual en ese año. Aparte de esto, el límite diario de PM₁₀ ha sido superado en varias ocasiones, concretamente en los meses de febrero, agosto, noviembre y diciembre. Por tanto, el límite diario de PM₁₀ (50 mg / m³) ha sido superado en esta estación de Sabadell.

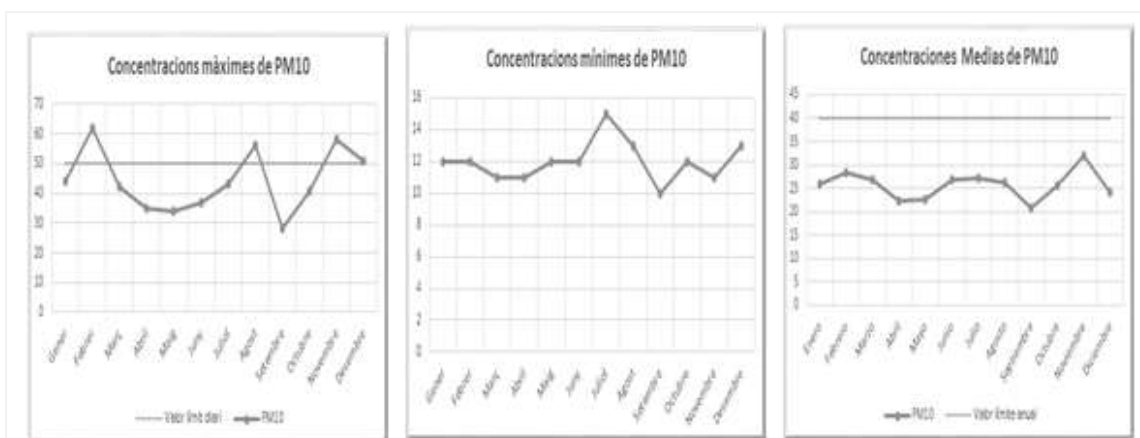


Fig. 4.- Concentraciones máximas, mínimas y medias de PM₁₀ del año 2017 en Sabadell.

En la figura 5 se muestran los datos mensuales en el año 2017 para algunas variables atmosféricas medidas en la estación de Sabadell; concretamente, podemos ver los valores de presión atmosférica, los valores de la velocidad del viento y los valores de precipitaciones. La media anual de la presión en Sabadell es de 1.019,7 mbar, la de velocidad del viento es de 1,76

m/s y la de precipitaciones es de 52,3 mm. Más tarde podremos comprobar que estos datos meteorológicos de Sabadell son muy diferentes de las del puerto de Zierbena.

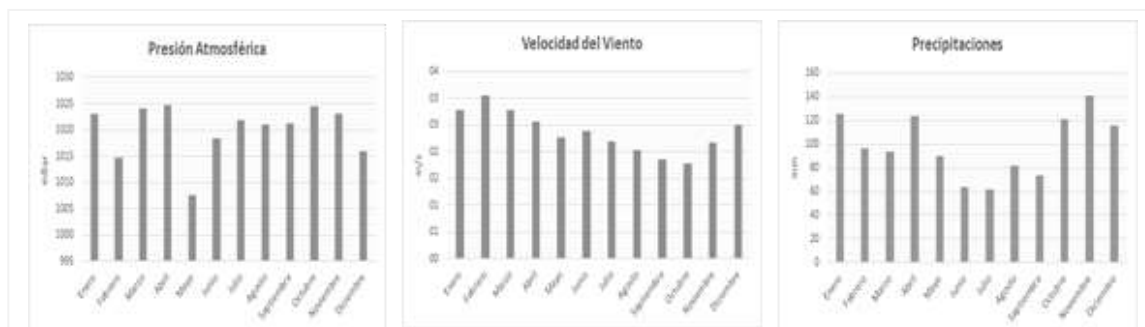


Fig. 5.- Valeres medios mensuales de la presión atmosférica, velocidad del viento y precipitaciones durante el año 2017 en Sabadell.

Zierbena

En la figura 6 se presentan las concentraciones máximas, mínimas y medias de dióxido de nitrógeno (NO_2) en el puerto de Zierbena en 2017. Podemos apreciar que, aunque también se da lugar la reacción de O_3 , los niveles no varían mucho de un mes a otro. Además, sólo se ha llegado a concentraciones altas en días contados. La media de NO_2 en Zierbena el año 2017 es de $8 \text{ mg} / \text{m}^3$, por tanto, se queda muy lejos de superar el valor límite anual ($40 \text{ mg} / \text{m}^3$).

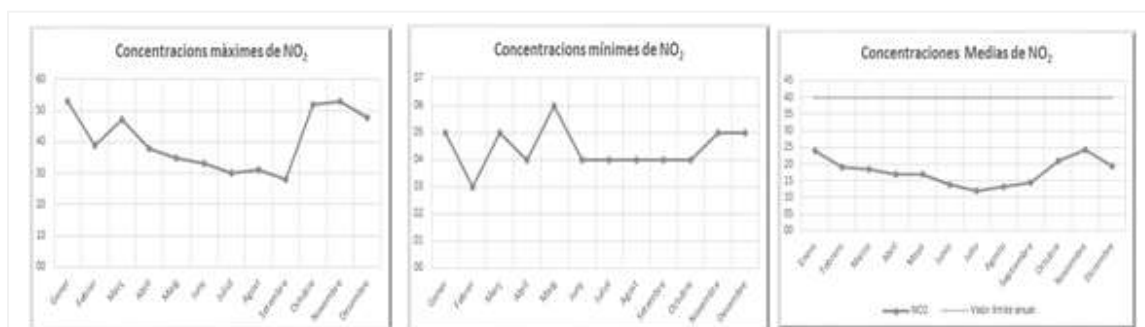


Fig. 6.- Concentraciones máximas, mínimas y medias de NO_2 del año 2017 en Zierbena.

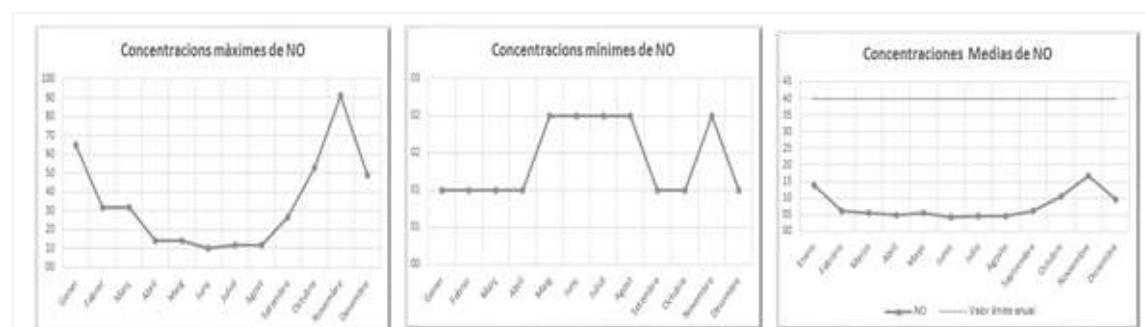


Fig. 7.- Concentraciones máximas, mínimas y medias de NO del año 2017 en Zierbena.

La figura 7 recoge los valores máximos, mínimos y medios de NO en el aire del puerto de Zierbena el año 2017. En este caso, podemos ver mejor (sobre todo en las concentraciones máximas) la disminución de NO en verano, debido a la formación de ozono en la troposfera. La media anual de monóxido de nitrógeno en Zierbena durante este año es de $8 \text{ mg}/\text{m}^3$, esto muestra que no ha sido superado el límite anual de NO ($40 \text{ mg}/\text{m}^3$) en Zierbena el año 2017.

En la figura 8 se muestran las concentraciones máximas, mínimas y medias de NO_x a la atmósfera al año 2017 en Zierbena. En los gráficos podemos ver que los valores de los óxidos de carbono son inferiores en verano que en invierno. Como ya se ha explicado, se causa del aumento de radiación solar, que reacciona con este contaminante y forma ozono troposférico. En enero y diciembre ha sido superado el límite de $40 \text{ mg} / \text{m}^3$ de NO_x . Aun así, la media anual de NO_x en Zierbena es $30 \text{ mg}/\text{m}^3$, por tanto, no ha sido superado el límite anual en el año 2017.

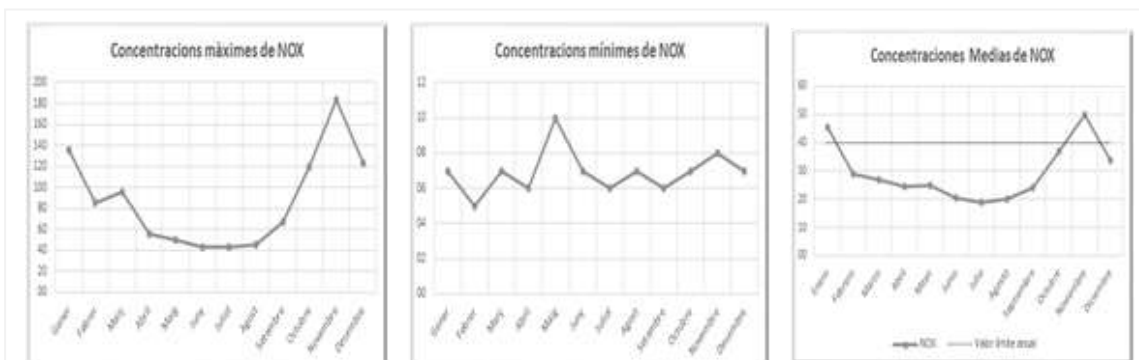


Fig. 8.- Concentraciones máximas, mínimas y medias de NO_x del año 2017 en Zierbena.



Fig. 9.- Concentraciones máximas, mínimas y medias de PM_{10} del año 2017 en Zierbena.

La figura 9 presenta las concentraciones máximas, mínimas y medias de partículas en suspensión inferiores a 10 micras en el puerto de Zierbena en 2017. Podemos comprobar que no hay un gran aumento de un mes respecto al otro. La media de todo el año de PM_{10} es de $20 \text{ mg}/\text{m}^3$, así es que el límite anual ($40 \text{ mg}/\text{m}^3$) no ha sido superado en Zierbena el 2017. Por otra parte, en el mes de junio sí se ha llegado al límite diario de PM_{10} ($50 \text{ mg}/\text{m}^3$)

La figura 10 muestra los valores para el año 2017 de algunas variables atmosféricas en el puerto de Zierbena, la presión atmosférica, la velocidad del viento y las precipitaciones. Se observa como la velocidad del viento es mayor que en Sabadell (media de $2 \text{ m}/\text{s}$), la presión atmosférica es prácticamente igual (1.020 mbar) y las precipitaciones en Zierbena son mucho más que en Sabadell, concretamente el doble ($99,2 \text{ mm}$). Estas diferencias parecen ser el motivo de las diferentes concentraciones de contaminantes de Sabadell y Zierbena

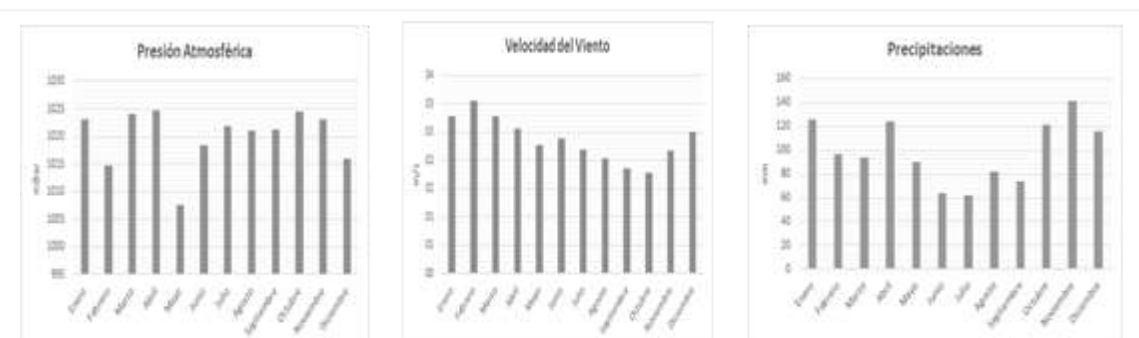


Fig. 10.- Valores de presión atmosférica, velocidad del viento y precipitaciones del año 2017 en Zierbena.

Comparando las gráficas de las concentraciones de gases contaminantes de Sabadell con las concentraciones del puerto de Zierbena podemos comprobar que hay más contaminación atmosférica en Sabadell que en Zierbena.

El gas contaminante más diferenciado en los dos municipios es el dióxido de nitrógeno, que la media en Zierbena es de 8 mg/m³ mientras que en Sabadell es de 38 mg/m³. Hay una diferencia de 30 mg / m³. Esto también ocurre con las concentraciones de monóxido de nitrógeno. La media anual en Zierbena es de 8 mg/m³ y la de Sabadell es de 29 mg/m³. Por lo tanto, podemos ver que hay más cantidad de óxidos de nitrógeno en el aire de Sabadell que el de Zierbena.

Por otro lado, los valores de PM10 en la atmósfera son mayores a Sabadell que en el municipio de Zierbena, aunque no es tan notable como con el NO₂. La media anual en Sabadell es de 26 mg / m³ mientras que en Zierbena es de 20 mg/m³. Además, el límite diario de PM10 ha sido superado más veces en Sabadell que en Zierbena.

Estas diferencias pueden explicarse viendo los gráficos de las variables meteorológicas de los dos municipios. Sobre todo, hay una gran diferencia en la cantidad de precipitaciones, ya que en Zierbena la media anual de precipitaciones es de 100 mm, en cambio, en Sabadell la media es de 50 mm. Por lo tanto, llovió el doble en Zierbena que en Sabadell. La lluvia, como ya se ha mencionado, retira los contaminantes atmosféricos y limpia el aire. Esta es una de las causas de la mejor calidad del aire en Zierbena.

Además de eso, la velocidad del aire es más baja en Sabadell que en Zierbena. Como ya se ha explicado, el viento hace dispersar gases contaminantes del aire y, en consecuencia, limpia la atmósfera. Este es otro motivo de la diferencia de concentraciones en las dos localidades.

La localización de las estaciones también afecta a los resultados. La estación de Sabadell es urbana y de tráfico, ya que se encuentra en el centro de la ciudad. En cambio, la estación del puerto de Zierbena es rural, ya que se encuentra en un lugar poco poblado. Además, la estación de Zierbena se encuentra junto al mar y éste, gracias al ciclo del agua, limpia el aire.

La población y su consecuente parque móvil, es también una de las causas. En Sabadell viven 208.246 personas mientras que en Zierbena viven 1.492 personas, hay mucha diferencia. Asimismo, la industria es mayor en la provincia de Barcelona que en Vizcaya, por lo que las emisiones industriales son mayores.

En resumen, las principales causas de una peor calidad del aire en Sabadell que en Zierbena son:

- Mayores precipitaciones en Zierbana que en Sabadell.
- Velocidad del viento mayor en el Mar Cantábrico que en el Mar Mediterráneo
- La localización de las estaciones: una rural y otra urbana
- La población de ambas localidades.
- El mayor desarrollo industrial en Barcelona que en el País Vasco.

Se puede concluir que:

- Los gases contaminantes que se encuentran en el aire son causados principalmente por fuentes antropogénicas, sobre todo el transporte y las industrias.

- Estas sustancias tienen efectos muy graves en la salud de los seres vivos y en el ecosistema: pueden reducir nuestra esperanza de vida, detener el crecimiento de las plantas y dañar infraestructuras construidas por nosotros. Además, pueden provocar fenómenos como la lluvia ácida o el smog.

- Se deben tomar medidas para disminuir las emisiones producidas por el transporte (ya sea por tierra, mar o aire). Por ejemplo, se debe facilitar a la gente el uso de transportes más limpios (coches eléctricos en vez de coches de motor de gasolina o diésel) e incentivar el uso de los transportes públicos.

- También se debería reducir las emisiones de las industrias, sobre todo las eléctricas y térmicas que son las que más emisiones provocan. Una solución es hacer uso de energías renovables, como la energía solar o la eólica, que no contaminen el medio ambiente y la atmósfera y, además, son inagotables.

- Las variables atmosféricas tienen una gran importancia cuando hablamos de contaminación atmosférica. Estas pueden mejorar o empeorar las concentraciones de los contaminantes en la atmósfera y, por tanto, la calidad del aire de una zona.

- Los niveles de dióxido de nitrógeno en Sabadell son bastante altos, como hemos podido comprobar en las concentraciones del año 2017. Se debería tomar medidas en las principales fuentes de este contaminante para reducir sus valores.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración de Patricia de la Viesca y Joan Montolio, técnicos del Servicio de Vigilancia y Control del Aire de la Generalidad de Cataluña. A Alberto Navarrete de Agustín, de Meteoclimatic y a Eva Pérez Gabucio, de la Sección de inmisiones de Sostenibilidad de la Generalidad.

REFERENCIAS

- Castell N., y Mantilla, E. (2003). *Estudio de los episodios de Contaminación por Ozono en la Comunidad Valenciana*. Conselleria de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural.
- Mantilla E., Castell N., Salvador R., Azorín C., Millán M., Miró J. V. y Lucía, J. (2015). *Ozó Troposfèric i Qualitat de l'Aire*. Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge de la Generalitat Valenciana.
- Luna G., Soler M. y Patricio, S. (1995). *La contaminació atmosfèrica. Factors meteorològics, contaminants i efectes de la contaminació atmosfèrica*. Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient. Direcció General de Qualitat Ambiental..

INDICACIONES Y NORMAS PARA LA PUBLICACIÓN EN **MERIDIES**

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

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 en el primer trimestre del año y se reciben originales durante el año anterior. La recepción de originales para el próximo número (MERIDIES 26 -2023-) se cierra el 15 de noviembre de 2022. Se mantiene correspondencia con los autores en lo referente a las circunstancias y pormenores de la publicación de su artículo.

