

“INVESTIGACIÓN ESTADÍSTICA SOBRE LA POSIBLE RELACIÓN DEL PESO DE LA MOCHILA Y EL DOLOR DE ESPALDA DURANTE LA ADOLESCENCIA”

Florence Nightingale

**María Jesús Bazús González
IES El Piles (Gijón)**

1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

Una doctora especialista en rehabilitación miembro del AMPA del Centro, propuso al departamento de Educación Física la recogida de datos sobre el alumnado relativos al peso de su mochila y al dolor de espalda con el fin de estudiar su posible relación.

El profesorado del departamento de Educación Física se comprometió y recogió un exhaustivo archivo de datos donde se informaba sobre: edad, curso, grupo, peso corporal, estatura, índice de masa corporal, peso de carga en la mochila, si padecían dolor de espalda o no, si practicaban deporte y su posición en la cama.

Posteriormente la doctora solicitó al departamento de Matemáticas del centro que efectuase un estudio estadístico sobre los datos aportados por el departamento de Educación Física. El departamento de Matemáticas acordó que dicho estudio sería oportuno en la asignatura optativa de 4º de ESO *Taller de Matemáticas*, lo que podría ofrecer al alumnado la oportunidad de aplicar los conocimientos estadísticos adquiridos a un caso cercano a su realidad.

En esta experiencia tiene un papel relevante el uso del ordenador y la herramienta utilizada ha sido el programa Excel. Se ha pretendido fomentar la capacidad de análisis del alumno así como su capacidad de crítica y rigor para contestar a preguntas como ¿es el peso de la mochila determinante en el padecimiento de dolor lumbar durante la adolescencia?

Esta experiencia didáctica se ha realizado a lo largo del curso 2007/08 y es una colaboración de toda la comunidad educativa del Centro: Asociación de padres y madres, profesorado de dos departamentos y alumnado.

El motivo de la elección de Florence Nightingale como pseudónimo ha sido que, aunque hoy día es reconocida como la creadora de la profesión de enfermería, también fue una innovadora en la recolección, tabulación, interpretación y presentación gráfica de las estadísticas descriptivas. Mostró cómo la estadística proporciona un marco de organización para controlar, aprender y fundamentar el que con mejoras de las condiciones hospitalarias se podría reducir el número de muertes en los hospitales militares durante la guerra de Crimea. Esta alumna del gran matemático Sylvester, desarrolló y creó su Diagrama de Área Polar para representar gráficamente el número de muertos durante la guerra. Fue la primera mujer elegida, en 1858, miembro de la Real Sociedad Estadística de Londres por sus contribuciones estadísticas aplicadas al estudio de los medios hospitalarios. En 1874 fue nombrada miembro honorario de

la Asociación Estadística Americana y en 1915 se erigió el Monumento de Crimea en la plaza de Waterloo en Londres, para honrar la memoria de Florence Nightingale por su contribución a la mejora sanitaria de los soldados heridos durante esa guerra.

2. DESARROLLO DEL TRABAJO Y EXPERIMENTACIÓN EN EL AULA

CONTENIDOS INCLUIDOS EN LA EXPERIENCIA

- Estadística : nociones generales
 - a. Individuo, población, muestra, caracteres, variables (cualitativas, cuantitativas, discretas, continuas)
 - b. Estadística descriptiva y estadística inferencial
- Gráficos estadísticos
- Tablas de frecuencias
- Parámetros estadísticos
 - a. Media, mediana, moda, recorrido, varianza, desviación típica
- Distribuciones bidimensionales
 - a. Nubes de puntos. Correlación
 - b. Medida de la correlación
 - c. Recta de regresión

RECOGIDA DE DATOS

Un primer paso fue abordado por los profesores de Educación Física encargándose de recoger los datos. Pesaron y tallaron a los alumnos, pesaron sus mochilas, les preguntaron si habían tenido dolor de espalda en los últimos 7 días, anotaron la edad de cada alumno, calcularon su índice de masa muscular e incluso anotaron si practicaban deporte y cuál era su posición al dormir. Todos estos datos se recogieron en un archivo EXCEL y se pasaron al departamento de Matemáticas.

Posteriormente, la profesora realizó una nueva organización de los datos de forma que quedaron agrupados por edades. Se organizó una hoja de cálculo para cada edad, desde los 12 años hasta los 18 años, y sobre esos datos se hizo el trabajo. Dicho archivo fue transferido a unos disquetes y entregados a cada alumno.

ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

Una vez a la semana se iba a una de las aulas de informática completándose el equipo del aula con seis ordenadores portátiles para que cada alumno tuviera su propio ordenador.

Se les dio la clave que la autoridad educativa ofrece a cada alumno en la red educativa, con el objetivo de que trabajasen con su perfil personalizado. Los alumnos que trabajaban con portátil

al no disponer de disquetera trabajaban con un pen drive, así los trabajos se guardarían tanto en su perfil de la red como en otro dispositivo externo.

Para cada actividad se les dio una ficha en Word con los pasos detallados a seguir en la aplicación EXCEL para el estudio estadístico. Habitualmente las instrucciones correspondían a los datos de la hoja de 12 años y los alumnos posteriormente deberían hacer un proceso análogo para las demás edades.

Cada vez que se les daba una nueva ficha, usando el cañón de proyección del aula, la profesora realizaba todos los pasos descritos en la ficha de forma que también los alumnos lo hicieran simultáneamente y pudieran seguirlo a través de la pantalla de proyección.

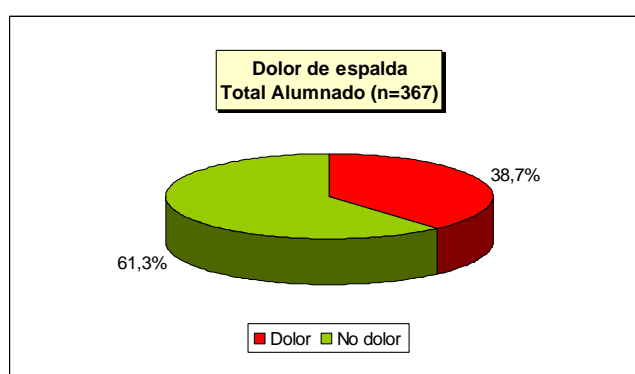
Se dejó a cada alumno que siguiera su ritmo y también se les animó a que cambiaran el formato de la presentación de los gráficos según su gusto personal.

Una vez que hubieran completado una de las actividades, la profesora proyectaba con el cañón los trabajos (variando los autores) y se abría un debate para poder fijar un comentario-conclusión para cada actividad.

ACTIVIDAD 1

Se trata de conocer el número de individuos de la muestra y conocer cuántos de ellos padecían dolor de espalda. Para su representación se les pidió que hicieran un diagrama circular en porcentaje.

Como los contenidos estadísticos son conocidos por el alumnado, los han estudiado en 3º ESO, se les proporciona una ficha con los pasos precisos para manejar dichos conceptos estadísticos en EXCEL.



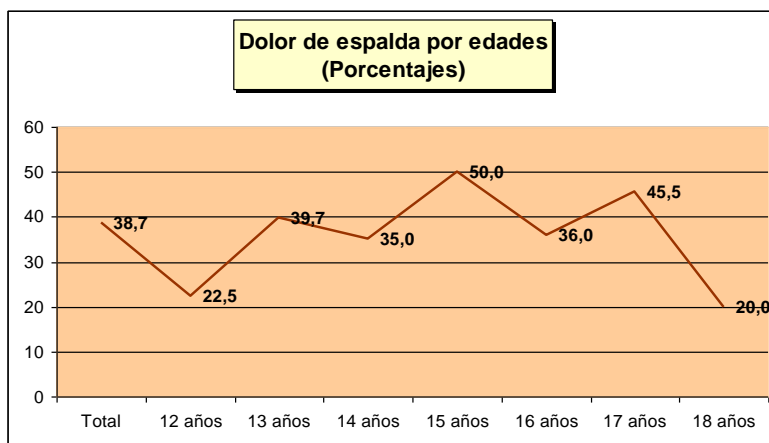
A la vista de los resultados ¿Podemos decir que existe padecimiento de dolor dorsal en el alumnado del centro?

Padecen dolor más de un tercio (38.7%) del alumnado aunque la mayoría (61.3%) no lo padece ¿Puede ser que el porcentaje del alumnado con dolor de espalda sea mayor que el de una población que no cargue habitualmente el peso a su espalda? Sería interesante constatarlo.

ACTIVIDAD 2

El objetivo es estudiar para cada edad el porcentaje de alumnado que padece dolor. El alumnado hizo un diagrama circular para cada edad. Aquí se presenta un resumen de los resultados obtenidos:

	Total	12 años	13 años	14 años	15 años	16 años	17 años	18 años
Nº alumnos	367	49	78	20	80	86	44	10
% Con dolor	38,7	22,5	39,7	35,0	50,0	36,0	45,5	20,0

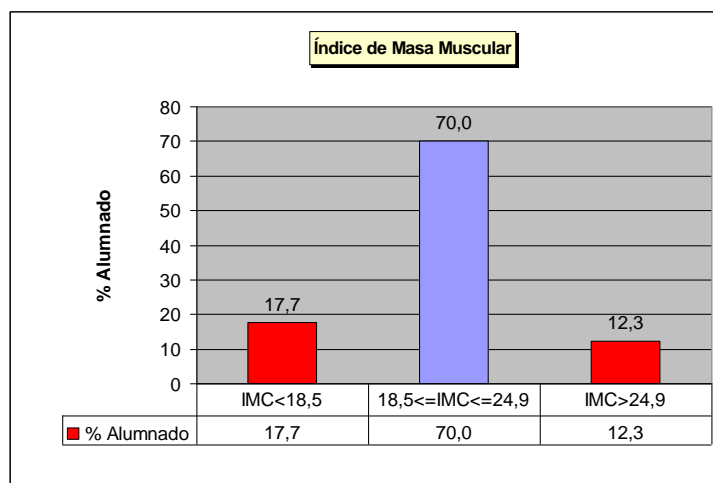


Proyectando con el cañón se les anima a una reflexión crítica. Éstas son sus aportaciones:

- Extraña la disparidad del tamaño de las muestras. Para 14 años sólo aparecen 20 alumnos y para 18 años 10. Para 15 años sin embargo tenemos 80 alumnos. Deducen que la información puede que no tenga la misma validez para todas las edades y que es más fiable para aquellas muestras de tamaño grande. También deducen, ante la disparidad del tamaño, la necesidad del uso del porcentaje en vez de la frecuencia absoluta.
- Observan cierta tendencia en el porcentaje de alumnado con dolor que va aumentando según la edad y llega a un máximo del 50% a los 15 años (en este caso la muestra es de 80 alumnos). A partir de esa edad el porcentaje de alumnos con dolor disminuye. Apuntan algunas razones posibles como que puede que a esa edad lleven un peso mayor en la mochila o bien puede deberse a que a esa edad el desarrollo es más rápido y por tanto la masa muscular puede que no sea la adecuada.

ACTIVIDAD 3

Veamos la distribución de la masa muscular en el alumnado del centro. Calculemos el porcentaje de alumnado total con un índice de masa muscular (IMC) comprendido entre 18,5 y 24,9 que es el IMC que puede considerarse normal. Se les pasa una ficha Word con las instrucciones precisas en EXCEL.

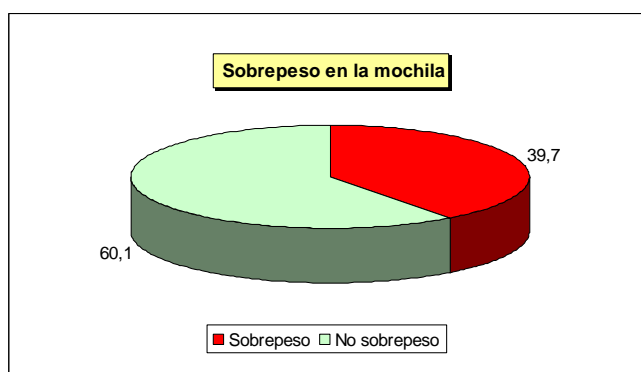


Aportaciones del alumnado al análisis: Un 70 % del alumnado tiene un IMC adecuada. Si suponemos que son los alumnos con un deficiente IMC los que podrían tener dolor, observamos que sería el 17,7 % del alumnado y los 40 alumnos de 15 años que tienen dolor supondrían ya aproximadamente un 11% del total por lo que no contradice la suposición hecha en la actividad anterior.

ACTIVIDAD 4

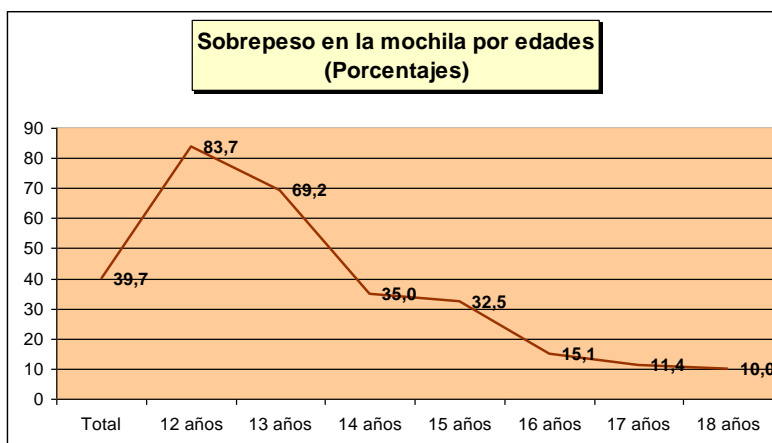
Estudiemos en el total del alumnado el porcentaje del mismo que habitualmente lleva sobrepeso en la mochila. El sobrepeso en la mochila se da si el peso de la mochila excede el 10% del peso del alumno. Después se les indica que repitan el proceso para cada edad.

Se les da una ficha en la que se les explica como hacer en EXCEL el filtrado de datos y las funciones estadísticas CONTAR y CONTAR.SI.



El alumnado realiza un diagrama de sectores para cada edad. Aquí se presenta un resumen de los resultados obtenidos.

	Total	12 años	13 años	14 años	15 años	16 años	17 años	18 años
Nº alumnos	365	48	77	20	80	86	44	10
% con sobrepeso	39,7	83,7	69,2	35,0	32,5	15,1	11,4	10



Aportaciones del alumnado al Análisis Estadístico:

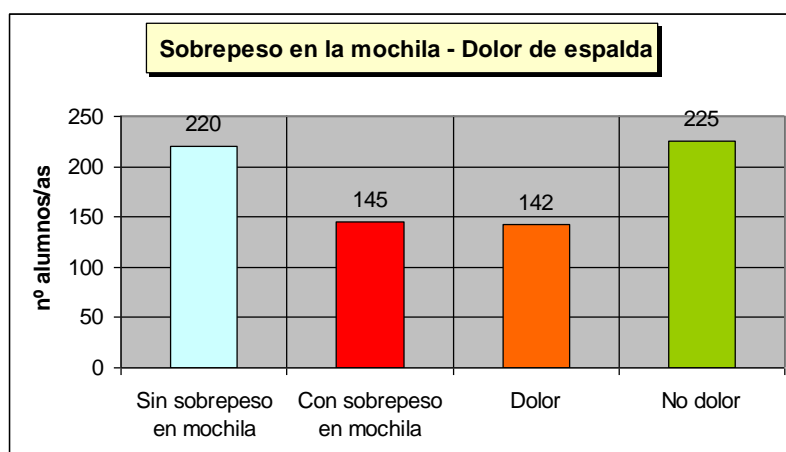
- Aunque el total de alumnos estudiados es de 367, en dos casos no aparece el peso de la mochila por lo que se considera entonces el total de alumnos de 365.
- Si nos fijamos, a los 15 años sólo hay un 33% de alumnado que lleva sobrepeso y sin embargo el porcentaje con dolor era del 50%. Por tanto a esta edad el sobrepeso en la mochila no es totalmente responsable del dolor que padece el alumnado y por tanto parece que tiene que haber más causas.
- Llama la atención que el 84 % del alumnado de 12 años y el 69 % del de 13 años lleva sobrepeso en su mochila y sin embargo solamente el 35% de 14 años soporta sobrepeso en la mochila. A partir de los 14 años el porcentaje de alumnado que lleva sobrepeso en la mochila va disminuyendo paulatinamente hasta el porcentaje más bajo (un 10 %) a los 18 años.

Parece que el peso de la mochila no aumenta con los años, antes al contrario disminuye lo que parece contradecir las suposiciones que tenía el alumnado antes de efectuar este estudio. Inicialmente daban por supuesto que el peso de la mochila aumentaba con la edad. Esto nos enseña que se ha de ser cauto al hacer suposiciones porque a veces, como en este caso, los datos las desmienten. La conclusión es que el rigor es necesario siempre.

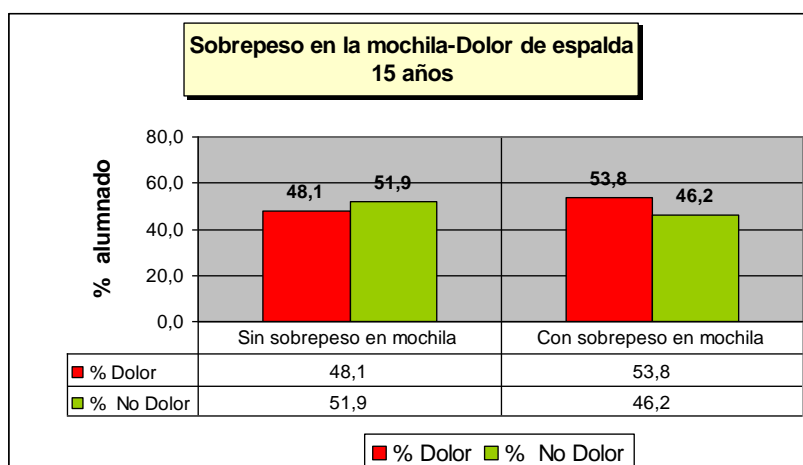
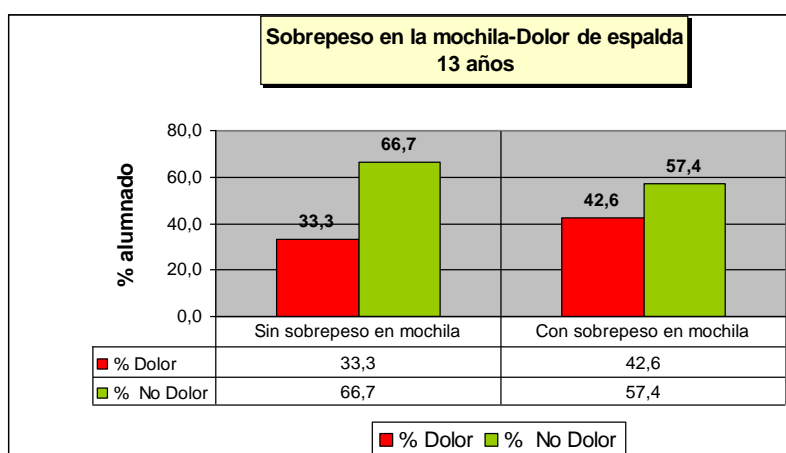
ACTIVIDAD 5

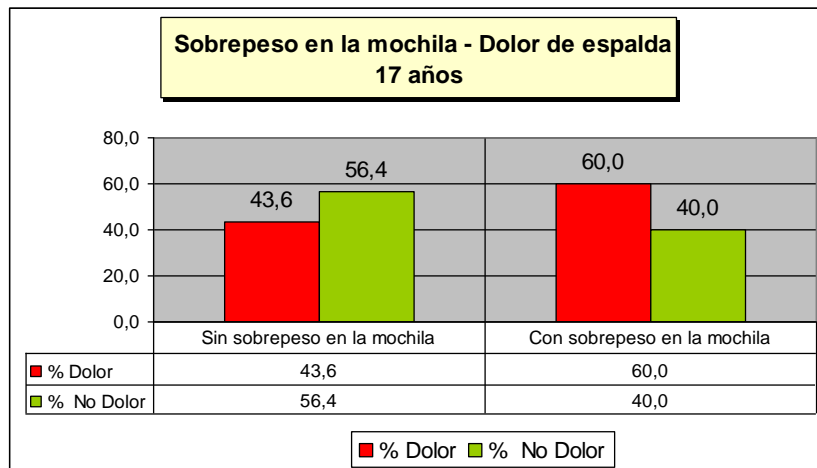
Vamos a estudiar en valores absolutos el número total de alumnos que soportan sobrepeso y cuántos tienen dolor. Lo representaremos en un diagrama de barras. También haremos un diagrama de barras para cada edad pero en porcentaje (puesto que el número de individuos según la edad varía extraordinariamente) según lleven sobrepeso en la mochila y si tienen dolor o no.

Se les entrega la ficha con las instrucciones necesarias en Excel para realizar lo anterior.



Se realizan para cada edad análisis y gráficos como los ejemplos que se presentan a continuación





Aportaciones del alumnado al Análisis Estadístico:

- El número total de alumnos que llevan sobrepeso en la mochila y el número de alumnos con dolor de espalda es muy similar. Pero observando las distribuciones por edad no podemos decir concluyentemente que el sobrepeso en la mochila lleva aparejado el dolor de espalda. En las edades de 12, 13, 14, 16 y 18 años es mayor el porcentaje del alumnado que no tiene dolor a pesar de llevar sobrepeso en la mochila.
- En la grafica del total del alumnado, observan que atendiendo al sobrepeso de la mochila, en total, tenemos 365 alumnos. Sin embargo, en cuanto al dolor tenemos 367 alumnos. Se comprueba que hay dos alumnos que no tienen el dato del peso de la mochila.
- Cuando los alumnos iniciaron el estudio, pensaban a priori que el dolor lumbar sí estaba relacionado con el sobrepeso que llevaban en la mochila. Al reflexionar sobre el estudio estadístico pensaron que quizás podían tener más influencia otras causas. Observaron que los sherpas de Nepal que cargan un gran peso a sus espaldas y sin embargo no se conoce que sufran dolores lumbares más importantes que el resto de la población. El alumnado sugirió que quizás podría tener mayor influencia el **cómo** se llevaba la mochila. Se sabe que la carga debería ir pegada y distribuida en toda la espalda lo que contradice la moda de llevar la mochila demasiado baja.
- Se les sugirió que buscaran otros estudios sobre el objeto de la investigación y estos fueron algunos de los resultados encontrados:
 - <http://www.trasgo.es/sede/Recursos/Articulos/art052/pagina2.asp>
 - <http://www.universityofcalifornia.edu/news/spanish/article/10792>
 - <http://www.terra.com/salud/articulo/html/sal5244.htm>
 - <http://www.fapamv.com/apas/apagesta1/documentos/EL%20MITO%20DE%20LAS%20MOCHILAS.doc>
 - <http://www.promoteot.org/docs/BackpackStrategiesSp.pdf>

- http://www.ampacolegioalhambra.org/article-imprim.php3?id_article=29
- <http://www.sanatorioaleman.cl/rev25c.htm>

ACTIVIDAD 6

Para estudiar los parámetros de centralización y dispersión de una variable estadística, debíamos elegir una variable numérica y elegimos para su estudio la **TALLA**.

Se calcularon por edades las medidas de centralización y de dispersión de la variable TALLA del alumnado. Además debían determinar el porcentaje de observaciones en el intervalo $(\bar{x} - \sigma, \bar{x} + \sigma)$ para valorar la representatividad de la media.

Se les entrega la ficha Word con las instrucciones detalladas a seguir en EXCEL para calcular los parámetros.

TALLA DEL ALUMNADO DEL CENTRO								
	Medidas de Centralización			Medidas de Dispersión				
Edad	Media \bar{x}	Mediana	Moda	Recorrido	Varianza σ^2	Desviación Típica σ	$\bar{x} \pm \sigma$	% en $\bar{x} \pm \sigma$
12	1,57	1,56	1,58	0,33	0,0061	0,0781	(1'49,1'65)	61,20
13	1,62	1,62	1,61	0,33	0,0052	0,0721	(1'55,1'69)	60,26
14	1,67	1,66	1,65	0,28	0,0065	0,0806	(1'59,1'75)	55,00
15	1,68	1,68	1,61	0,41	0,0074	0,0860	(1'59,1'77)	66,25
16	1,74	1,75	1,77	0,35	0,0057	0,0755	(1'66,1'82)	69,77
17	1,72	1,72	1,63	0,37	0,0077	0,0877	(1'63,1'81)	56,82
18	1,72	1,74	1,74	0,21	0,0039	0,0624	(1'66,1'78)	60,00

Aportación del alumnado al Análisis Estadístico:

- Una cuestión curiosa que les sorprendió. En principio habían puesto en Excel para el cálculo de los parámetros un formato con dos cifras decimales. Dicho formato sí es adecuado para los parámetros de centralización pero no para los de dispersión. Observaron que con este formato la varianza era siempre (para cualquier edad) 0,01 y era debido al redondeo. Pero entonces la desviación típica constataban no era la raíz cuadrada de la varianza. En principio les desconcertó hasta que vieron que era otra vez debido al redondeo. Por ejemplo para los 12 años les daba una varianza de 0,01 (aproximación por redondeo con dos decimales de 0,0061)

y la desviación típica era de 0,08 (aproximación por redondeo con dos decimales de 0,0781) y parecía contradecir el que la desviación típica = $\sqrt{\text{varianza}} = \sqrt{0,01} = 0,1$. Estas aparentes contradicciones se solucionaron poniendo más decimales para ambos parámetros.

- Lo expuesto anteriormente les hizo reconocer que aunque el programa de ordenador es una herramienta que puede calcular *casi todo* en estadística, sin embargo son necesarios unos conocimientos matemáticos y estadísticos para poder detectar y resolver errores como el descrito anteriormente.
- Observaron que la primera cifra significativa de la desviación típica era del orden de los cm y les parecía excesiva. Sin embargo los porcentajes de observaciones en el intervalo no eran elevados. Resolvieron que quizás debiera haberse separado en la muestra la talla de los varones y la talla de las mujeres para que sus medias fueran más representativas.

ACTIVIDAD 7

Para poder realizar una actividad de correlación, se les pide que estudien para cada edad la correlación entre la talla y el peso del alumnado y que representen la recta de regresión entre ambas variables.

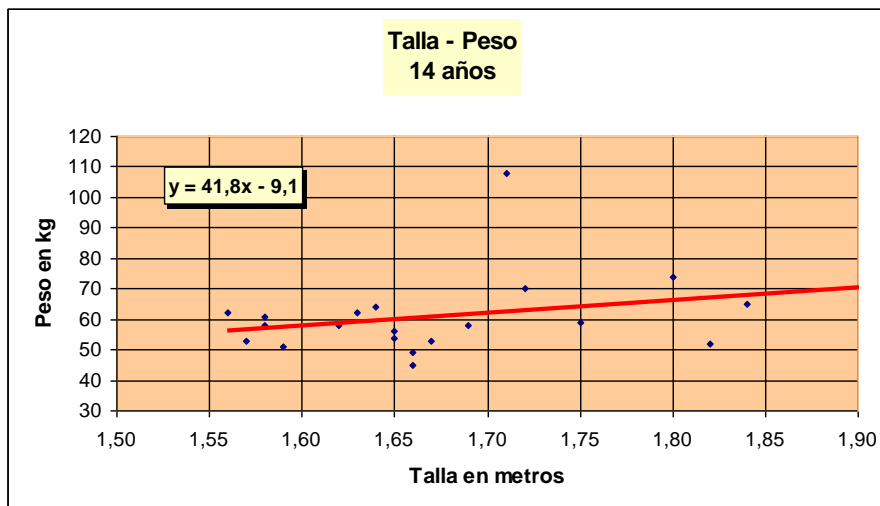
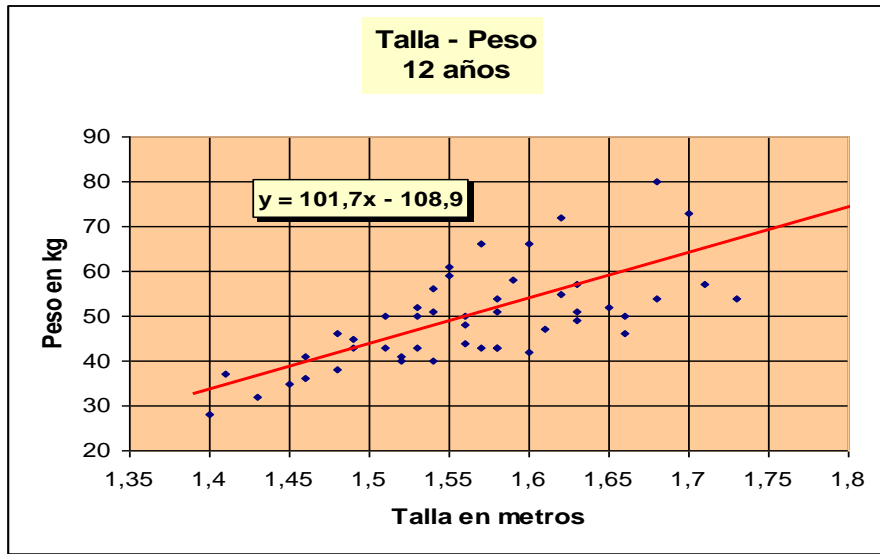
Se les da una ficha Word con las instrucciones para calcular el coeficiente de correlación y la recta de regresión, y en la que además se les da un sucinto resumen teórico. En dicha ficha se les da un ejemplo para que estudien la correlación entre las calificaciones de matemáticas, educación física y física y química en un aula determinada (observarán que la correlación es más fuerte entre matemáticas-física que la de matemáticas-educación física).

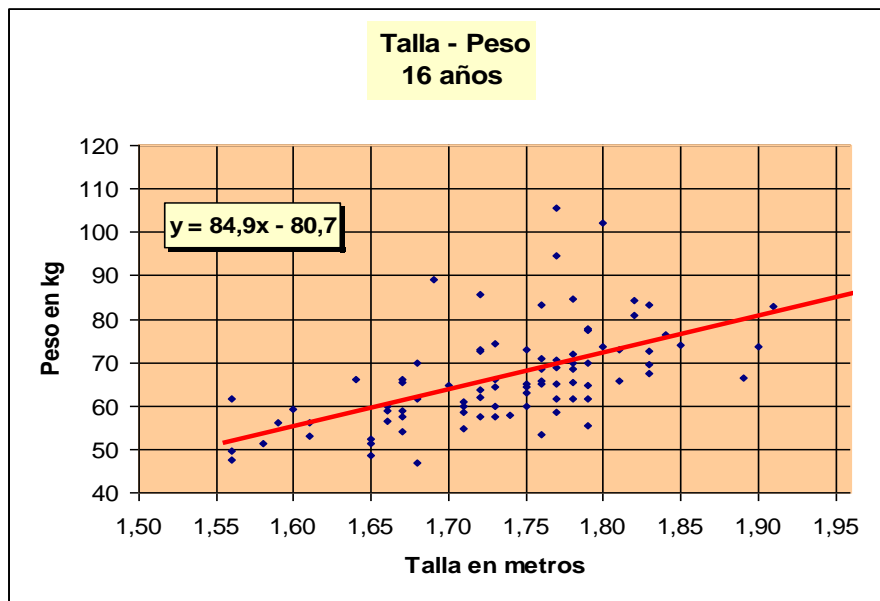
Una vez comprendido el método de trabajo se les pide lo apliquen a los datos que tienen de la talla y el peso.

El alumnado calcula para cada edad el coeficiente de correlación, la recta de regresión y su gráfica. Se presentan a continuación los coeficientes de correlación y las rectas de regresión obtenidos así como algunas de las gráficas.

Edad	Coefficiente de correlación lineal Talla – Peso	Recta de regresión
12 años	0,662	$y = 101,67x - 108,91$
13 años	0,628	$y = 97,704x - 103,64$
14 años	0,262	$y = 41,772x - 9,1387$

15 años	0,698	$y = 86,498x - 84,686$
16 años	0,563	$y = 84,853x - 80,732$
17 años	0,675	$y = 85,947x - 80,328$
18 años	0,503	$y = 46,936x - 18,007$





Aportación del alumnado:

- En primer lugar se observa que los coeficientes de correlación no llegan nunca al valor de 0,70 y por tanto la correlación entre la talla y el peso es moderada.
- Un caso particular se da a los catorce años con una correlación débil ($r=0,26$). Analizando la gráfica se observa que es debido a una mayor dispersión. Hay un alumno que pesa 108 kilos pero con talla un poco mayor de 1,70). Por tanto, a esta edad no sería oportuno predecir la talla a partir del peso
- Como conclusión, para hacer un estudio de talla-peso sería más correcto hacer un estudio separado para las mujeres y para los hombres.

3. INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

- Observación directa en el aula de la participación del alumno en el desarrollo de la experiencia.
- Controlar y valorar el trabajo producido en el aula por cada alumno observando periódicamente el trabajo realizado en el disquette o en el pen drive.
- Valorar la participación del alumnado en el comentario crítico posterior a cada actividad.
- Constatar si el alumno comprende y utiliza la terminología y notación propia de la estadística.

4. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

- Elaborar e interpretar tablas estadísticas de variables discretas y continuas.
- Construcción e interpretación de los gráficos estadísticos de variables discretas y continuas.

- Calcular e interpretar los parámetros estadísticos más usuales, correspondientes a distribuciones discretas y continuas, valorando cualitativamente la representatividad de las muestras utilizadas.
- Conocer el coeficiente de variación y utilizarlo para comparar las dispersiones de dos distribuciones.
- Calcular e interpretar el coeficiente de correlación
- Calcular e interpretar las rectas de regresión. Predecir los valores de una variable en función de otra indicando su grado de fiabilidad.

5. VALORACIÓN DE LA EXPERIENCIA

La estadística forma parte del currículo de la ESO y del bachillerato, pero debido a la falta de tiempo el alumnado no siempre puede apreciar los valores que la estadística puede aportar a su formación.

En la clase de Taller de Matemáticas no pueden estudiarse contenidos matemáticos nuevos, ya que al ser una optativa supondría una ventaja para los alumnos que la cursen. Por eso nos hemos limitado a hacer uso de los conocimientos ya estudiados pero intentando que vieran la utilidad de la Estadística para conocer mejor la realidad e incluso predecir valores cuando sea preciso conociendo además su nivel de fiabilidad.

El alumnado ha constatado que en matemáticas las opiniones sólo son válidas si van acompañadas de demostraciones. En este caso concreto han aprendido que las suposiciones que mantenían inicialmente tienen que basarse en datos fidedignos. También han comprendido que tan importante es la recogida de datos como su organización para hacerlos comprensibles.

6. AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento a la doctora miembro del AMPA del Centro por la sugerencia del trabajo. También a los profesores de educación física mi agradecimiento por su colaboración inestimable en la recogida de los datos.

Por último mi agradecimiento a todo el alumnado que ha participado con entusiasmo e ilusión en la experiencia.

7. REFERENCIAS

Bodega López, C., Martín Martínez, F.J., Martínez Pons, J.A., Real García, J.L. y Soto Hernández, P.L. (1996) *“Ejemplificaciones de Informática en la ESO”*.

Fernández Cuesta, C. y Fuentes García, F. (1995), *“Curso de Estadística Descriptiva. Teoría y práctica”*, Editorial Ariel Economía.

López Fernández, A., Berhó Rodríguez, A. y Valbuena Herrero, J. (1998). *“Aplicación de la Informática a la Estadística del Segundo Ciclo de Educación Secundaria Obligatoria”* Publicación del Centro de Profesores de Gijón.

Milton, S. (2001). *“Estadística para Biología y Ciencias Sociales”*. Editorial Mc Graw Hill.