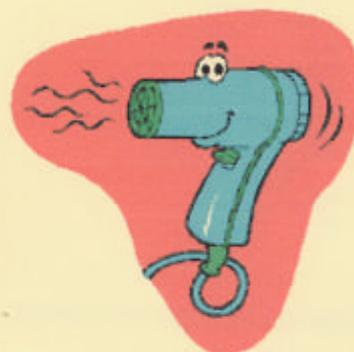


EL SECADO DE LA ROPA



Influencia de la temperatura
Velocidad del viento
y Dureza del agua



Índice

<i>A ser científico se aprende</i>	2
--	----------

<p>EL SECADO DE LA ROPA: INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA, VELOCIDAD DEL VIENTO Y DUREZA DEL AGUA</p>
--

Informe experimental	
<i>Introducción</i>	19
<i>Formulación de hipótesis.</i>	21
<i>Diseño y realización del experimento.</i>	22
<i>Obtención de datos y realización de cálculos experimentales.</i>	32
<i>Valoración de los resultados experimentales y de la verificación de las hipótesis</i>	51
<i>Propuesta de nuevas investigaciones.</i>	53
<i>Lo mejor y lo peor de la investigación</i>	55
<i>Apéndice 1.</i>	57
<i>Apéndice 2.</i>	58
<i>Apéndice 3.</i>	59
<i>Apéndice 4.</i>	60

A SER CIENTÍFICO SE APRENDE

Cuando nuestro profesor de Física y Química nos dijo que íbamos a ser investigadores científicos pensé que eso debía ser muy difícil, que era cosa de gente muy inteligente y que había estudiado mucho y que ser investigador a nuestra edad era poco menos que imposible.

Nuestro profesor nos dijo que no sólo no era imposible, sino que era muy fácil, tan fácil que cualquiera podía ser científico o, incluso, que podíamos estar actuando como científicos sin saberlo. Nos dijo que cualquier persona que quiere mejorar o cualquier persona que piense sobre algo y luego quiera comprobar si eso que ha pensado es cierto, en realidad, puede estar comportándose como científico.

Nos lo explicó con un ejemplo:

Supongamos un tendero que quiere mejorar en su negocio y que sigue los siguientes pasos:

1. El tendero, a lo largo de su vida como comerciante, seguro que ha tenido numerosas experiencias relacionadas con el comercio, la venta, la propaganda, los clientes, los proveedores, etc. y se ha fijado más o menos detenidamente en ellas
2. A partir de esas experiencias acumuladas seguro que ha ido elaborando ideas y explicaciones acerca de cómo y por qué las cosas funcionan así y no de otra manera, de qué es lo que hay que hacer para vender más, de lo que hay que hacer para tener contento al cliente, etc.
3. A partir de esas ideas, seguramente razonables, al tendero se le pueden ocurrir (seguramente no lo puede evitar) alguna idea para mejorar su negocio; por ejemplo: "ampliando el escaparate venderé más"

4. Una vez realizado el proyecto de ampliar el escaparate lo lógico es que compruebe si realmente ha vendido más o no. Si ha vendido más se dirá a sí mismo que sus ideas sobre el comercio y la venta son buenas, que es un buen comerciante, pero si no vende más o, incluso, vende menos, pensará que sus ideas no son tan buenas y convendrá que las modifique por otras mejores.

Pues bien, estos son los mismos pasos que sigue el denominado Método Científico, que estudiamos en el libro y que se corresponden con:

1. Observación y toma de datos: al igual que el tendero, a los científicos puede interesarles tomar datos acerca de algún fenómeno de la Naturaleza.
2. Elaboración de teorías: que al igual que el tendero, las teorías son las explicaciones que se dan acerca del fenómeno natural
3. Formulación de una hipótesis: que es un razonamiento deducido de la teoría para que luego pueda ser comprobado si es cierto o no, y que es lo mismo que hace el tendero
4. Realización de experimentos: que son las comprobaciones que se realizan para ver si la hipótesis se cumple o no, y que también realiza el tendero. Evidentemente si la hipótesis se confirma con el experimento los científicos dirán que la teoría de que procede también es buena y si no se confirma tendrán que modificarla por otra mejor, lo que constituye un avance científico porque se han mejorado las explicaciones sobre el fenómeno.

Conclusión, si un tendero cualquiera o persona semejante puede actuar como científico, por qué no podemos hacerlo nosotros. La cosa parecía aclararse.

Nos puso algún ejemplo más:

Supongamos un médico que trata cánceres y en concreto cánceres de piel y que podría seguir los siguientes pasos del Método Científico:

1. Observación y toma de datos: si ha estudiado y tenido experiencia con cánceres de piel seguro que posee numerosos datos sobre ese fenómeno.
2. Elaboración de teorías: a partir de los datos obtenidos por la experiencia como médico puede elaborar (él o la comunidad científica) una explicación como que los cánceres de piel tienen como origen las radiaciones UV.
3. Formulación de una hipótesis: a partir de la anterior teoría puede elaborar un razonamiento como el siguiente: si se venden cosméticos y cremas de uso común que incluyan productos filtro de las radiaciones UV, se reducirán los cánceres de piel
4. Realización del experimento: haríamos usar a una parte de la población ese tipo de productos y a otra parte de la misma población (sometida a las mismas condiciones de todo tipo) que no los usara y veríamos si la que lo utilizaba tenía menos proporción de cánceres de piel que la que no los utilizaba. Tanto si se confirma la hipótesis como si no se confirma puede ser importante. Si se confirma pensaremos que hemos hallado un método de tratamiento adecuado además de confirmar que son las radiaciones UV las que causan el cáncer, y si no se confirma tendremos que pensar que la teoría de que son las radiaciones UV las que causan el cáncer puede no ser del todo adecuada y que habría que buscar otras causas o explicaciones a partir de las cuales volveríamos a formular nuevas hipótesis

Veamos otro ejemplo con algún fenómeno cercano a nosotros, como la circulación de coches en las ciudades (u otro cualquiera que se nos ocurra) y veamos los pasos del Método Científico:

1. Observación y toma de datos: todos tenemos diariamente experiencias sobre la circulación de coches en nuestra ciudad y nos fijamos en ellas más o menos detenidamente.
2. Elaboración de teorías: todos, porque no podemos evitarlo, realizamos explicaciones sobre lo que ocurre en la circulación, que si se corre mucho porque la gente tiene prisa, que si hay muchos accidentes porque la gente es imprudente, que si sólo condujeran mujeres la cosa iría mejor, etc.
3. Formulación de una hipótesis: a partir de las explicaciones anteriores podemos deducir algo como, por ejemplo: "las mujeres conductoras respetan más los pasos de cebra que los hombres conductores".
4. Realización del experimento: tendríamos que colocarnos en actitud de cruzar un paso de cebra y contando la proporción de hombres y mujeres que paran para dejar pasar, comprobar si es cierto que las mujeres respetan los pasos de cebra más que los hombres o no. Si se confirmara diríamos que nuestra "teoría" sobre la circulación es buena, que entendemos bien el fenómeno de la circulación, pero si no se confirmara no sólo tendríamos que rechazar la hipótesis, también tendríamos que modificar la "teoría" (la explicación) de la que procede y cambiarla por otra, naturalmente, que explicara mejor el fenómeno de la circulación, lo que supondría, en realidad, que habríamos aprendido algo nuevo, que ahora explicábamos mejor que antes el fenómeno.

En este último punto insistió bastante el profesor, indicando que para la Ciencia puede ser más importante que una hipótesis no se confirme que el que si se confirme, porque eso supone un descubrimiento, un avance científico. Así es como avanza la Ciencia, invalidando unas teorías para elaborar otras mejores, otras que expliquen mejor las cosas.

Pero en lo que más insistió fue en que debíamos entender muy bien como se formula una hipótesis porque era en lo que más solíamos fallar cuando intentemos realizar una investigación. Una hipótesis debe estar formulada de tal forma que pueda verificarse su verdad o falsedad con el suficiente rigor y sin que de lugar a dudas y eso sólo puede hacerse si esa verificación se realiza con números, es decir, en Ciencia no queda más remedio que medir para comprobar ya que si no, no podría haber suficiente rigor.

Y puso diversos ejemplos para que entendiéramos lo que debe considerarse o no hipótesis científica:

- "Los O.V.N.I.S vienen de Marte" no puede considerarse hipótesis científica porque si no los identificamos tampoco podremos comprobar de donde vienen.
- "Las chicas con maquillaje son más guapas que sin maquillaje" no puede considerarse científica porque la belleza no puede medirse, sólo es una apreciación y no podremos comprobar con el suficiente rigor si es cierto o no. Si que podríamos poner "las chicas con maquillaje son más miradas por los chicos" porque el número de miradas de los chicos si que se podría medir y, por tanto, realizarse la comprobación
- "Dios existe" o "Dios no existe", ni la una ni la otra son hipótesis científicas porque ni para lo uno ni para lo otros podemos montar un experimento para comprobarlo. Es decir, la Ciencia no entra a considerar si Dios existe o no, si el alma existe o no, si iremos al cielo o no, etc., porque son cosas que no se pueden medir, que no se pueden comprobar. Para estas cosas tan importantes la Ciencia no tiene respuesta, la Ciencia es sólo materialista y no da respuesta más que para las cosas de este mundo.

- "La cáscara de los cacahuets de Guatemala es más dura que la de los cacahuets del Brasil" si que es una hipótesis científica porque una vez definidos que son los cacahuets de cada país se puede comprobar la dureza de sus cáscaras.

De todo esto conviene destacar dos cosas que pueden considerarse como limitaciones de la Ciencia, la primera de las cuales es la que a mí más me sorprendió:

1. Los científicos parece como si no se fiaran de su forma de razonar y parten de la base de que sus explicaciones nunca son perfectas (a mí siempre me habían dicho que si estaba demostrado científicamente eso era verdadero). Precisamente en eso se basa el desarrollo de la Ciencia, como sus teorías nunca son perfectas siempre hay que mejorarlas. Preguntando que si eso significaba que no nos podíamos fiar de lo que dice la Ciencia, nuestro profesor contestó que, efectivamente, la Ciencia nos da las mejores respuestas posibles a las preguntas sobre cualquier fenómeno natural, pero con los conocimientos que posemos hoy, pero como no hay nada perfecto, la Ciencia tampoco lo es y puede ocurrir que nuevas aportaciones de conocimiento sobre ese fenómeno puede hacer cambiar las explicaciones que la Ciencia tiene sobre ese fenómeno. En realidad, la Ciencia tampoco trabaja de forma muy distinta a como lo hacemos todos, que aprendemos y mejoramos de nuestros propios errores (el que se crea que es perfecto nunca mejorará)
2. La otra limitación es que como en Ciencia hay que comprobarlo todo, sólo se ocupa de lo aquello objetivo, material, medible. No se ocupa de todo, no puede dar respuesta a todo. Difícilmente podremos hacer Ciencia de cosas

como el amor, la belleza, las creencias religiosas, etc, porque como no se pueden medir, tampoco se pueden comprobar.

Conclusión, la Ciencia y su Método nos proporciona la mejor forma para tratar de comprender el mundo que nos rodea, pero sólo el mundo material y medible, la Ciencia ni es perfecta ni nos da respuesta a todo.

En cualquier caso, aunque la Ciencia no sea perfecta, si todos fuéramos un poco más científicos y exigiéramos que los demás lo fueran todo funcionaría mejor. Por ejemplo, si un entrenador de baloncesto toma la decisión de quién debe tirar a canasta para la obtención de unos puntos decisivos basándose en datos comprobados (no por intuiciones) de quién es el que con menos probabilidad va a fallarlo y hace lo mismo con cualquier otra decisión, es seguro, que a la larga, ese equipo tendrá menos errores. Otro ejemplo, cuando la propaganda te está diciendo que "con la colonia LIGAMOGOLLÓN vas a ligar un montón", podrías considerarlo como una hipótesis que hay que comprobar y realizar tú el experimento, o mejor, exigir al publicista los datos científicos que demuestran lo que se dice en la propaganda. Es decir, si todos, las personas y las organizaciones, se guiaran, por el Método Científico, es seguro que siempre se mejoraría y, además, habría menos posibilidades de manipulaciones y engaños.

En lo que, en definitiva, iba a consistir nuestra investigación era en formular una hipótesis científica (es decir, que se pudiera comprobar su verdad o falsedad), deducida a partir de nuestras "teorías" sobre cualquier aspecto cercano a nosotros, y verificarla realizando el experimento correspondiente (es decir, realizar la comprobación con datos reales). Y todo esto realizarlo, naturalmente, con el rigor que exige la Ciencia, no de cualquier manera. En esto es en lo que se diferencia, fundamentalmente, un científico

del que no lo es y no tanto en lo que investigan, es decir, que ser científico puede entenderse no sólo como una forma de trabajo que unas personas muy sesudas realizan en sus laboratorios, también como una forma rigurosa de actuación en la vida. **¡Cualquiera puede ser científico y yo también!** Basta con ser riguroso en los planteamientos y comprobaciones sobre cualquier aspecto de la vida, y humilde, pensando que tus hipótesis, por muy bien planteadas que estén pueden no verificarse, que tus “teorías” pueden no ser tan adecuadas como tu creías y que debes modificarlas, para siempre mejorar en tus explicaciones sobre el mundo.

La explicaciones no terminaron aquí, al día siguiente realizamos un ejemplo de investigación en clase que nos sirvió para conocer los documentos que debíamos presentar cuando realizáramos nuestro informe experimental. El ejemplo de investigación resultó muy simpático ya que consistió, esencialmente, en una competición de memoria entre chicos y chicas. Siguiendo este ejemplo, el profesor nos fue explicando lo que debía contener cada una de los documentos del informe experimental que teníamos que presentar y que fueron los siguientes, referidos al ejemplo de investigación:

a) Título

Lo mas conciso e informativo posibles

En nuestro caso el título fue: "Diferencias sexuales en memoria verbal y espacial"

b) Introducción

Debíamos destacar la importancia de nuestra investigación, la razón por la que la habíamos elegido. En nuestro caso, por ejemplo, lo importante que es hoy día la lucha por la igualdad de sexos, aunque eso no debe ocultar que entre ellos pueda haber

diferencias. Si buscamos información en alguna revista científica mejor, pero no era imprescindible.

También poner los fundamentos “teóricos” de los planteamientos. En nuestro caso, el fundamento de la investigación consistió en que, según nuestras observaciones, se aprecia que las chicas obtienen mejores calificaciones en asignaturas que tienen mucho que estudiar con palabras, como Ciencias Sociales, Biología y Geología, etc. Sin embargo, los chicos muestran más habilidades en asignaturas como dibujo, deportes, etc., que requieren tener habilidades espaciales. A partir de estos razonamientos, podemos formular las hipótesis del apartado siguiente.

c) Formulación de hipótesis

“Las chicas, en promedio, tienen más memoria que los chicos para estímulos verbales”

“Los chicos, en promedio, tienen más memoria que las chicas para estímulos espaciales”

d) Diseño y realización del experimento

El experimento consistió en dos pruebas de memoria, una con 12 estímulos verbales del tipo:

ALE, IDO, OFE, ATO,

y otra con 12 estímulos geométrico del tipo:



Los estímulos se pusieron en la pizarra y para cada una de las pruebas se dio 3 minutos para memorizar, al final de los cuales teníamos que escribirlos, en el mismo orden que habían sido expuestos, en un papel en blanco en el que además debíamos indicar si éramos chicos o chicas

e) Obtención de datos y realización de cálculos experimentales

Se obtuvieron datos de 14 chicas y 11 chicos, que fueron los siguientes:

Chicas	6	6	5	5	6	7	9	12	10	6	7	11	2	4	Promedio: 6,857
Chicos	8	4	0	1	6	6	11	10	6	7	9				Promedio: 6,182

Chicas	8	6	5	7	6	6	10	11	10	7	7	12	5	3	Promedio: 7,000
Chicos	7	5	0	3	6	7	12	10	8	6	11				Promedio: 6,818

f) Valoración de los resultados experimentales y de la verificación de la hipótesis

Valoramos si el experimento había resultado adecuado para la verificación de la hipótesis. En nuestro caso el profesor expresó algunas dudas, indicando que había visto a algunos chicos poco motivados en la realización de la prueba, y que esto podía ser una explicación alternativa a las diferencias encontradas. También había visto a algunos intentando copiar de otros y, además, el número de chicos y chicas era muy pequeño y pudiera ser que se hubieran juntado chicas muy buenas y chicos muy malos por casualidad. En un experimento bien realizado, había que descartar toda explicación alternativa posible, en nuestro caso habría que estar seguros de que todos, tanto chicos como chicas, están igualados en todas las condiciones y que sólo la posible distinta capacidad en memoria es la responsable de las diferencias encontradas.

La otra valoración es acerca de si los resultados experimentales permiten la confirmación de la hipótesis o no. En nuestro caso, para la hipótesis sobre la memoria de estímulos verbales, podemos apreciar que la diferencia es de 0,675, que aunque pequeña supone algo más de un 10 % a favor de las chicas, lo que supone que va en la dirección de lo que marca la hipótesis. (Nuestro profesor nos dijo que existen procedimientos estadísticos que nos permiten afirmar hasta que punto la diferencia puede considerarse suficiente o no para poder determinar la confirmación de la hipótesis); en el caso de la hipótesis referente a los estímulos geométricos, la diferencia,

aunque pequeña, a favor de las chicas va en contra de lo que decía la hipótesis, por lo que no la podemos confirmar.

En conclusión, nuestro experimento, aunque haya seguido los mismos pasos de una investigación verdaderamente científica, al no tener el suficiente rigor, no podemos considerar sus resultados como científicos, o como mínimo, expresaremos nuestras dudas razonables.

El profesor nos dijo que daría mucho valor a estas autocríticas, ya que consideraba que ello demostraría si habíamos comprendido la verdadera diferencia entre lo que es Ciencia y lo que no lo es.

f) **Propuesta de nuevas investigaciones**

Este apartado lo consideré como complemento a la labor creativa que supone el planteamiento de una investigación

Dos tipos de nuevas investigaciones podíamos proponer en este apartado:

- Unas referentes a dar más rigor, generalidad o calidad a lo investigado por nosotros. En nuestro caso, por ejemplo, hacer la investigación con mayor número de chicos y chicas, que fueran voluntarios para asegurar la misma motivación, etc.
- Otras que pudieran surgir como consecuencia de los experimentos realizados, aunque no tuvieran que ver con lo investigado. Por ejemplo, el profesor nos dijo que había observado que los estímulos que más se recordaban eran los primeros y también los últimos de cada serie, y que quizás convendría demostrar hasta que punto esto es verdad o no.

Al final de clase nos dio un folio con el resumen de los apartados que debía contener el informe experimental y que pongo en la siguiente página

ESQUEMA DE LOS APARTADOS Y CONTENIDOS

FUNDAMENTALES DE UN INFORME EXPERIMENTAL

TÍTULO

- Lo más concreto e informativo posible

INTRODUCCIÓN

- Justificación de la elección del tema a investigar
- Breve exposición de los fundamentos teóricos (no obligatorio)

FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

- De tal forma que se pueda comprobar su verdad o falsedad
- Definir las variables y cómo medirlas

DISEÑO Y REALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO

- Para que no haya ninguna duda de si se verifica o no la hipótesis
- Redactar para que otro pueda repetir la investigación

OBTENCIÓN DE DATOS Y REALIZACIÓN DE CÁLCULOS EXPERIMENTALES

- Lo más profundos posibles, pero no complicarlos innecesariamente
- Presentar los datos y resultados con gráficos, tablas, etc.

VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DE LA VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

- Valoración de si la hipótesis, el diseño y el experimento están bien realizados
- Valoración de si los resultados experimentales permiten confirmar la hipótesis

PROPUESTA DE NUEVAS INVESTIGACIONES

- Referentes a dar mayor precisión o generalidad a lo encontrado en la investigación
- Referentes a otros aspectos o líneas de investigación que pudieren surgir como consecuencia de observaciones informales u otros motivos

(Tómese como guía flexible en el camino investigador y no como dogma de obligado cumplimiento)

También nos indicó que fuéramos pensando en la investigación a realizar, que nos daba una semana. La investigación, en principio, debía ser individual, pero permitiría grupos si se investigaban varias hipótesis o si los datos a tomar para la realización del experimento requerían de mucho trabajo.

Nos dijo que no tuviéramos miedo ya que se trataba simplemente de comprobar la posible (hipotética) relación entre 2 variables medibles como en el ejemplo de la anterior investigación que contiene 2 variables, la variable sexo (chico-chica) y la variable memoria (aciertos en la prueba de memoria). Y puso algunos ejemplos más: la variable número de veces que te limpias los dientes al día y el número de piezas dentarias que tienes empastadas o con problemas, o el número de escaleras subidas y lo que ha aumentado el ritmo cardíaco, etc.

Algunas de las investigaciones realizadas por los compañeros de nuestra clase y nosotros fueron las siguientes:

- La agresividad de los perros depende de la raza: se observó lo que ladraban varios perros de 5 razas distintas puestos en situaciones semejantes.
- El absentismo escolar: se midió las ausencias a clase en los 2 primeros meses del curso y se comprobó las diferencias existentes entre chicos y chicas, en los 4 cursos de la E.S.O. y entre repetidores de curso y no repetidores.
- Diferencias socio-culturales entre España y Ecuador: como en el colegio vienen diversos compañeros ecuatorianos, se midió las diferencias entre alumnos de los 2 países en diversos aspectos, número de hermanos que tenían, dinero que tenían de propina para sus gastos, horas de estudio que dedicaban a la semana, calificaciones en Lengua y Matemáticas en el curso pasado y otras variables

- El tiempo libre depende de la edad y sexo: se midió las diferencias entre chicos y chicas y entre alumnos de distintos cursos de la E.S.O., en tiempo dedicado a oír música, a ver televisión, a ir con los amigos/as, a leer, etc.
- Consumo de tabaco y alcohol: se midió lo que las diferencias en consumo de alcohol y tabaco los distintos cursos de la E.S.O. y entre chicos y chicas.
- En qué se gastan el dinero de la propina los adolescentes: se midió en que aspectos, discos, libros, bares, discotecas, chucherías, etc. gastan los adolescentes su dinero.
- Influencia de la cafeína en la memoria y el número de pulsaciones por minuto: se hizo una prueba de memoria y se midió el número de pulsaciones por minuto, antes de tomar un café y media hora después de haberlo tomado.
- Distintas preferencias sobre animales domésticos en distintas generaciones: se pidió calificaran lo agradable que sería para hijos, padres y abuelos el tener en su casa distintos animales domésticos (perro, gato, pájaro, pez, etc)
- Uso de Internet y su relación con el rendimiento escolar: se midió si los que suelen sacar mejores calificaciones utilizaban más Internet que los que suelen sacar peores calificaciones.
- Eficacia del pintado de uñas en la reducción de la costumbre de morderse las uñas: con tres chicas de clase que se muerden las uñas, se midió lo que habían crecido las uñas en 2 semanas con las uñas pintadas y en otras 2 semanas con las uñas sin pintar.
- Consumo de productos de belleza y del culto al cuerpo: se midió la diferencia entre chicos y chicas en el gasto de productos de belleza y de acudir al gimnasio.

Cuando terminamos las investigaciones y nos fueron corregidas, nos fueron devueltas con anotaciones del profesor indicando lo que consideraba que estaba bien y lo que estaba mal o se podía mejorar. Ninguno tuvimos que repetir la investigación.

Algunos días más tarde, ya cerca de Navidad, nuestro profesor nos reunió a cuatro de nosotros y nos dijo había visto en nosotros algunas cualidades interesantes y que como no teníamos problemas de notas porque habían sido muy buenas en la 1ª evaluación nos proponía la realización de una investigación algo más seria y con mayores pretensiones, pero que tendríamos que dedicarle tiempo, como algunos recreos y muchas tardes de los miércoles de 3 y media a 5 y media, aunque si por algún examen u otro motivo no se podía alguna semana tampoco pasaría nada. Tres de nosotros aceptamos gustosamente y el cuarto no porque estaba haciendo ya algún curso de idiomas y no disponía de tiempo.

Y así comenzó nuestra aventura. Nos dijo que durante las Navidades pensáramos en que investigación realizar o en varias posibles y que a la vuelta de vacaciones decidiríamos que investigación realizar y cómo realizarla. Dijo que había que "estrujarse el coco" porque es evidente que una elección u otra condiciona el posterior desarrollo de lo investigado. Nuestra investigación tenía que ser original e interesante, por un lado, y, por otro, realista, es decir, realizable con los medios escasos de que disponemos.

La verdad es que aunque nos "estrujamos el coco" durante las vacaciones, las ideas que trajimos fueron casi todas muy semejantes a las que se habían hecho en clase y fueron todas rechazadas por uno u otro motivo. La idea de nuestra investigación surgió de la forma más casual a partir de un comentario de uno de nosotros acerca del enfado que tenía su madre porque llevábamos más de una semana de frío y niebla y la ropa no secaba. ¿Y por qué no investigamos acerca de los factores que pueden influir en

el secado de la ropa? Esta idea fue recogida con entusiasmo y nos pusimos a trabajar en ella.

INFORME EXPERIMENTAL

EL SECADO DE LA ROPA: INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA, VELOCIDAD DEL VIENTO Y DUREZA DEL AGUA

EL SECADO DE LA ROPA: INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA, VELOCIDAD DEL VIENTO Y DUREZA DEL AGUA.

INTRODUCCIÓN

Cuando nos decidimos a realizar esta investigación, decisión que tomamos casi de forma casual a partir de un comentario acerca del secado de la ropa tendida en la casa de uno de nosotros, no pensamos que esto del secado fuera algo de tanta trascendencia. Nuestro profesor nos dijo que miráramos sobre el secado de la ropa y sobre el secado industrial en Internet y vimos que había páginas y páginas referentes a ello. El secado de la ropa, principalmente, con páginas que se referían a máquinas para el secado de la ropa, tanto a nivel doméstico como industrial o de casas que se dedican de forma profesional a ello. El secado industrial con innumerables páginas referentes a todo tipo de secados, desde secado de barnices y pinturas en coches, edificios, etc., hasta el secado de insectos o frutos y otros alimentos. Aparte de darnos cuenta que habíamos elegido una investigación que parecía tener más importancia de la que, en principio, creíamos, poca información recogimos de ello, ya que tan sólo en algunas páginas se hablaba de distintos programas de secado con distintas circulaciones de aire a distintas temperaturas y poco más, ninguna se refería a investigación de los posibles factores que pudieran influir en el secado.

Además nuestro profesor nos dijo que quería que nuestras hipótesis surgieran como consecuencias de las teorías estudiadas en nuestra asignatura de Física y Química y, en concreto, de la teoría cinética. Como todos debemos saber, según la teoría cinética, los cuerpos están formados por partículas que se encuentran en continuo movimiento, en los gases los movimientos son al azar y en los líquidos y sólidos, debido a las fuerzas de cohesión, estos movimientos están más restringidos. Si en un sólido o un líquido aumenta la energía cinética de las partículas, es decir, su velocidad, puede que las que

más velocidad alcancen lleguen a vencer las fuerzas de cohesión y pasar a estado gaseoso.

La pregunta clave es: ¿qué podemos hacer para aumentar la velocidad de las partículas de un líquido o de un sólido y así que puedan algunas de sus partículas pasar a gas? La primera respuesta surge de la misma teoría cinética, según la cual la velocidad de las partículas aumenta al aumentar la temperatura. La segunda respuesta sale por lógica, si lanzamos partículas de aire con cierta velocidad contra un líquido o un sólido, el choque de las partículas de aire contra las partículas del sólido o líquido harán que adquieran mayor velocidad. Un tercer planteamiento razonable es que debido a que las fuerzas de cohesión en sólidos son mayores que en líquidos, las partículas de sólido necesitaran un mayor aporte de energía para pasar a gas que las partículas de líquido.

Y en esto va a consistir nuestra investigación, en la comprobación de cómo afectan **la temperatura y velocidad del viento** en el secado de un pañuelo mojado, bien con agua destilada o con agua salada para comprobar si, efectivamente, la **presencia de sólido** en el pañuelo mojado dificulta el secado según nos indican los razonamientos anteriores.

Hubo un cuarto factor sobre el que pensamos investigar y que, incluso, diseñamos, pero que no lo realizamos, simplemente, por falta de tiempo (no siempre se puede realizar todos lo que se quiere). El planteamiento era el siguiente: si lanzamos aire húmedo, es decir, con partículas de agua, sobre el pañuelo también se verá dificultado el secado, ya que al chocar partículas de agua gas contra otras partículas de agua líquida del pañuelo, las segundas ganarán energía y podrán pasar a gas, pero las primeras perderán energía y les ocurrirá lo contrario, que pasarán de gas a líquido quedándose en el pañuelo. Se propone la comprobación de este factor, humedad del aire de secado, en el apartado final "propuesta de nuevas investigaciones"

FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

Las hipótesis que van a guiar nuestra investigación son las siguientes:

1ª) "La cantidad de agua evaporada en el secado de la ropa húmeda es directamente proporcional a la temperatura del aire".

2ª) "La cantidad de agua evaporada en el secado de la ropa húmeda es inversamente proporcional a la concentración de sal presente en el agua que la moja".

3ª) "La cantidad de agua evaporada en el secado de la ropa húmeda es directamente proporcional a la velocidad del viento que choca contra la ropa".

Las variables a medir en la investigación son las siguientes:

- Cantidad de agua evaporada: se pesará con balanza electrónica (500G Nahita, Mod5031) el pañuelo húmedo en las diversas pruebas experimentales para medir la pérdida de agua después de distintos tiempos de secado.
- Temperatura del aire: junto al pañuelo se pondrá un termómetro de mercurio para medir la temperatura del aire, colocando el depósito de mercurio en el mismo punto donde choca el aire de secado con el pañuelo.
- Concentración de sal común en el agua que moja la ropa: se tomarán datos de secado para 3 valores de concentración, agua destilada (nada de sal), 15 gramos de sal común cada 100 gramos de agua y 30 gramos de sal común cada 100 gramos de agua.
- Velocidad del viento: en el mismo punto donde llegaba el viento procedente del secador de pelo se dispuso un anemómetro y a partir del número de vueltas que daba se calculó la velocidad del viento.

DISEÑO Y REALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO

Las pruebas experimentales de secado de ropa para la comprobación de las hipótesis se llevarán a cabo con el **secado de un pañuelo** de hilo de algodón de dimensiones 40 cm x 40 cm.

El secado del pañuelo se realizará con un **secador de pelo** de boca estrecha de marca Firstline SP-1500D que dispone de la posibilidad de **2 velocidades de salida de aire**, lento y veloz y **3 posibilidades de temperaturas de salida de aire**, frío (temperatura ambiente), templado (resistencia de 1000 vatios) y caliente (resistencia de 1500 vatios). Además se pensó en la realización del secado del pañuelo colocando el secador a **3 distintas distancias** del pañuelo húmedo. Como también había que realizar medidas para la comprobación del efecto de la presencia de sólido disuelto en el agua, se pensó en humedecer el pañuelo con agua con **sal en 3 distintas concentraciones**. Esto daba un número total de pruebas experimentales de 2 velocidades x 3 temperaturas x 3 distancias x 3 concentraciones = 54 pruebas.

La disposición experimental del secador y el pañuelo a secar fue la siguiente: el pañuelo colgado mediante unas pinzas colocadas en un soporte y el secador, para darle estabilidad y que no se moviera mientras funcionaba, colocado en una caja de cartón con un agujero por el que salía la boca del secador y a la distancia adecuada.

Algunos de los aparatos utilizados en la investigación y su disposición experimental aparecen en las siguientes fotografías:

1ª fotografía: disposición experimental del secador de pelo (colocado en su caja que le da estabilidad y con la boca saliendo por un agujero en la parte inferior derecha) y el pañuelo colgado con sus pinzas sujetas a un soporte a una de las distancias diseñadas (90 cm). En la parte delantera del pañuelo se adivina la presencia del termómetro que mide la temperatura en cada prueba experimental



2ª fotografía: disposición del anemómetro (fabricado por nosotros) para la medida de la velocidad del aire de llegada. Está colocado con las medias esferas en la misma posición del centro del pañuelo. Encima de la mesa se encuentra el secador fuera de su caja que le da estabilidad.



3ª fotografía: algunos de los instrumentos utilizados en la investigación, el secador con su caja, la probeta para la medida de volúmenes de agua en la preparación de disoluciones salinas (aunque luego se pesó), la balanza electrónica, un frasco lavador con agua destilada, un cronómetro con el que se midió el tiempo de secado, uno de los recipientes en los que se mojaba el pañuelo con un cuentagotas que se utilizaba para añadir agua por gotas con el fin de ajustar el peso del pañuelo mojado a 40,0 gramos justos, parte de los soportes con sus pinzas en los que se colgaba el pañuelo a secar.



Las pruebas experimentales se realizaron en uno de los laboratorios de Química del colegio, que no se utiliza mucho porque no tiene calefacción (sólo una estufa eléctrica). Esto nos permitiría mantener nuestro material experimental sin recoger la mayoría de las veces (lo que nos ahorraría tiempo) y, además, presentaría una ventaja acerca de las condiciones ambientales que se explica más adelante.

La toma de decisiones acerca de los detalles en la realización de las pruebas experimentales se tomaron a partir de una **prueba piloto**. Las decisiones que se tomaron con la prueba piloto se refirieron a los siguientes aspectos:

- Posición del pañuelo para ser secado en el soporte: en principio se colocó el pañuelo sujeto con 2 pinzas laterales que estaban unidas a los soportes (a modo de matraces de laboratorio) por la parte de arriba, pero la comprobación de que el pañuelo, al llegarle el aire se movía demasiado e, incluso, podía doblarse y quedar pegado al estar húmedo, nos decidió a sujetarlo con 4 pinzas de las 4 esquinas (ver fotografía 1), de tal forma que el pañuelo se abombaba por el centro, donde le llegaba el aire, pero no se movía.
- Cantidad de humedad en el pañuelo: se mojó el pañuelo introduciéndolo en agua destilada y se estrujó muy fuertemente para escurrirlo. El peso del pañuelo húmedo que se decidió para el comienzo de todas las pruebas experimentales fue de 40,0 gramos, es decir, con una humedad de 20,5 gramos (ya que el pañuelo seco pesaba 19,5 gramos). En las pruebas experimentales, si debido al fuerte estrujamiento del pañuelo se escurría algo más de lo indicado (una décima de gramos algunas veces), se añadía una gota o dos con un cuentagotas para completar los 40 gramos. Con este peso inicial el pañuelo no escurría absolutamente nada, detalle fundamental, ya que la disminución de peso del pañuelo debía ser exclusivamente debido al secado y no a la pérdida de agua por otros motivos. En este sentido también se midió si había alguna pérdida de peso en el ir y venir del pañuelo desde la balanza a los soportes y desde los soportes a la balanza, comprobándose que la pérdida, que debía de haberla porque los dedos y la mano se mojaban, era tan pequeña que no era apreciable por la balanza, de sensibilidad 0,1 gramos.
- Distancias a las que se realizarían las pruebas: se decidieron 3 distancias del secador al pañuelo para la realización del secado, que fueron 30 cm, 60 cm y 90 cm. La decisión fue tomada después de medir cantidades de agua eliminada en

la posición más cercana (30 cm) y condiciones de secado más drásticas (alta velocidad de aire y temperatura caliente) con una cantidad de agua eliminada en un minuto de casi 6 gramos y en la posición más alejada (90 cm) y condiciones menos favorables para el secado (baja velocidad de aire y temperatura fría) con una cantidad de agua eliminada en un minuto de aproximadamente 1 gramo, cantidades que se consideraron adecuadas para poder ser medidas con la balanza sin problemas y cuya diferencia (aproximadamente de 5 gramos) también era adecuada para poder discriminar en las condiciones experimentales de secado intermedias. Se pusieron marcas de lápiz en las posiciones de la mesa donde se realizaron las pruebas experimentales para facilitar la colocación de la caja que contenía el secador en cada prueba de tal forma que siempre estuviera en la misma posición marcada.

- Intervalos de tiempos en la que se tomarían medidas de la cantidad de humedad eliminada y número de veces que se realizaría esta operación en cada prueba experimental: se decidió tomar 6 medidas de secado después de transcurrido 1 minuto, en cada prueba experimental. En cada prueba experimental, se pondría el pañuelo húmedo en su sitio sujeto con las 4 pinzas, se pondría en funcionamiento el secador durante 1 minuto (a la distancia y en las condiciones de velocidad de aire y temperatura correspondientes), se pararía el secador al cabo de ese tiempo, se desmontaría el pañuelo y se pesaría en la balanza, y esto se realizaría así 6 veces en total. La decisión de realizar el secado durante 6 minutos totales se tomó en base a que en la situación de secado más cercana y drástica, prácticamente, el pañuelo quedaba secado casi por completo en 6 minutos. La decisión de realizar la medida cada minuto se tomó después de apreciar que, especialmente en la situación más favorable de secado, este se

producía principalmente en el centro del pañuelo mientras en los laterales quedaba húmedos. Esto podía distorsionar de alguna forma las comparaciones de cantidades de agua eliminadas en las distintas situaciones experimentales y se pensó que dejando un minuto y medio, que es lo que se tardaba aproximadamente en retirar el pañuelo pesarlo y volverlo a colocar, la humedad se difundiría desde los laterales hacia el centro, reduciendo, al menos en parte, el posible efecto distorsionador. Además se tendrían muchos más datos para poder realizar análisis, lo que también era deseable y se podría comprobar como discurriría el secado con el tiempo.

- La altura a la que se colocó el secador en cada una de las distancias de secado. El criterio era que el aire debía pegar justamente en el centro del pañuelo. Como el secador estaba colocado en su caja ligeramente inclinado respecto de lo horizontal, aunque el centro del pañuelo se encontraba a una altura de 26 cm, las altura de la boca del secador en las distancias 30 cm, 60 cm y 90 cm, para que el aire pegara en el centro del pañuelo, fueron, respectivamente de 21 cm, 17,5 cm y 7 cm. Para conseguir estas alturas se colocaban libros debajo de la caja que contenía el secador.

Otra decisión que hubo que tomar fue las concentraciones de sal con las que mojaríamos el pañuelo para comprobar el efecto de la presencia de sólido en el agua que moja la ropa sobre el secado: en un manual del laboratorio que contenía datos de solubilidad pudimos ver que la solubilidad del cloruro de sodio (que es la sal común si fuera pura) era de 35,8 gramos/100 gramos de agua, a 10°C y de 36,0 gramos/100 gramos de agua, a 20°C. Decidimos utilizar una concentración cercana a la saturación, pero no demasiado para no tener problemas al disolver la sal y una intermedia, siendo

estas concentraciones de 30 gramos/100 gramos de agua y de 15 gramos/100 gramos de agua. Las disoluciones se prepararon pesando en recipientes justamente 300 gramos de agua y añadiendo la cantidad de sal correspondiente, 45 gramos para la disolución diluida y 90 gramos para la disolución concentrada. Se guardaron en frascos que podían taparse y agitar convenientemente para disolver la sal sin problemas y ser utilizados cuando fuera necesario. Un detalle que conviene comentar (a nosotros, al no danos cuenta al principio, no costó repetir alguna prueba) es que en las pruebas experimentales con el pañuelo mojado con agua salada, al finalizar las pruebas y estar el pañuelo seco o casi seco, éste se encontraba áspero indicando la presencia de mucha sal en él. Para evitar que la presencia de esa sal en el pañuelo pudiera influir en la/las siguientes pruebas, después de cada prueba se llevaba al grifo y se lavaba con abundante agua, para después ser introducido en una disolución con la concentración adecuada, escurrido y vuelto a introducir en otra disolución, en otro recipiente, de la misma concentración, es decir, por 2 veces se introducía en disoluciones de la concentración adecuada para asegurarnos de que en la siguiente prueba esa era la concentración con la estaba mojado el pañuelo.

Otro aspecto que hubo que resolver fue la medida de la velocidad del viento. Como es sabido la velocidad del viento es medida con los anemómetros y no disponíamos de ninguno. Uno del grupo había visto que en un periódico local, durante algunos miércoles, día en el que editan un suplemento escolar, estuvieron publicando como se podían fabricar de forma casera diversidad de aparatos e instrumentos y uno de ellos era el anemómetro. Este quedó encargado de ir a una biblioteca de donde trajo una copia del artículo y nos pusimos a fabricarlo. El material utilizado fue 4 semiesferas huecas de plástico, una roja y 3 blancas (se consiguieron en un "todo a 100", que vende

esferas huecas de colores en cuyo interior hay regalos), una varilla cilíndrica de una longitud de unos 45 cm y grosor aproximado al de un lápiz de escribir, 2 varillas más delgadas en forma de prisma de longitud 41 cm, un taco de madera en forma de cubo perfecto de lado 3 cm (se consiguieron en una carpintería cercana) y un cilindro metálico hueco de grosor un poco mayor que la varilla cilíndrica y cerrado de forma plana por una de sus bocas (que teníamos por casa de un juguete). Se fabricó de la siguiente manera: se taladró un poco el taco de madera para introducir la varilla cilíndrica por uno de sus extremos, por el otro extremo se sacó punta como si fuera un lápiz (ya que iría introducida en la varilla metálica en donde debía girar por efecto del viento, y al terminar en punta el rozamiento para girar sería mínimo); en el lado opuesto del taco de madera hubo que realizar 2 ranuras en forma de cruz en las que irían las otras dos varillas a las que se les había pegado en sus extremos las semiesferas de plástico (ver como quedó el anemómetro en fotografía 2).

Antes de comenzar las pruebas experimentales propiamente dichas, se midieron las velocidades para las 3 distancias y las dos velocidades del ventilador, colocando el anemómetro (sus medias esferas) en el mismo lugar en el que iba a estar colocado en centro del pañuelo y contando el número de vueltas que la semiesfera roja del anemómetro daba en un minuto (para eso llevaba el anemómetro una semiesfera roja y tres blancas). Los resultados fueron los siguientes:

Distancia en cm	Velocidad ventilador	Velocidad llegada aire en vueltas/min.	Velocidad llegada aire en cm/min.
30 cm	alta	124	15582,30
"	baja	92	11561,06
60 cm	alta	86	10807,08
"	baja	64	8042,48
90 cm	alta	40	5026,55
"	baja	31	3895,57

(la velocidad en cm/min se calcula multiplicando el número vueltas por 2.p.20, por ser 20 cm el radio de giro del anemómetro)

Otra medida que hubo que tomar fue la temperatura, para la que no hubo ningún tipo de problemas. Simplemente se colocó un termómetro sujeto con una pinza colocada en un soporte, de tal forma que el depósito de mercurio estuviera en el centro del pañuelo que es donde llegaba el aire procedente del secador. Esto se realizó en cada prueba experimental y se anotó la temperatura que alcanzaba el termómetro al final del 3º minuto de secado (ya que en los 2 primeros minutos no le había dado tiempo a subir del todo la columna de mercurio). La medida de la temperatura no tenía ningún problema, pero lo que sí podía ser problema grave es que la temperatura ambiente pudiera variar de unas pruebas a otras y afectara a algunas de las comparaciones entre las distintas situaciones de nuestro experimento. La verdad es que pensamos que fue un acierto la elección de un laboratorio sin calefacción para la realización de las pruebas ya que esto hizo variar poco la temperatura ambiente (y otros valores ambientales como la humedad) de unos días para otros o en las distintas horas en que se hacían las pruebas, siendo estas variaciones en muchas ocasiones nulas, a veces de tan solo 1°C y otras como máximo 2°C (pasamos un poco de fresco, pero tampoco mucho, ya que en las clases contiguas sí que había calefacción). La temperatura alcanzada en cada prueba experimental se expondrá en la tabla de datos brutos en la que podrá apreciarse que la temperatura ambiente estuvo siempre entre 15°C el día que menos y 17°C el día que más (algo semejante ocurrió para todas las situaciones experimentales que había que comparar), lo que es una diferencia, efectivamente, pero creemos que no tan significativa como para afectar gravemente a los resultados experimentales. En cualquier caso, si que en términos de rigor científico, hubiera sido deseable el mantenimiento constante de las condiciones ambientales para todas las pruebas.

Nuestro profesor también nos indicó que debíamos realizar un proyecto del tiempo que íbamos a dedicar a la investigación. Disponíamos de un tiempo máximo de

5 meses (estabamos a principios de Enero y teníamos que terminarlo a principios de Junio). Nuestro profesor nos avisó (y pudimos comprobarlo después) que la redacción del informe experimental (con todos los cálculos y aprendizajes necesarios) llevaría, incluso, más tiempo que la realización de todas las pruebas de la investigación, por lo que convenía distribuir el tiempo de forma proporcionada. Se quedó en trabajar 2 recreos, lunes y jueves, (el profesor no quería que perdiéramos los amigos del recreo) y los miércoles de 3 y media a 5 y media durante las semanas de lo que quedaba de curso, es decir, 3 horas a la semana, que fue el tiempo que se estimó para terminar las pruebas experimentales (y las discusiones iniciales sobre los planteamientos, la realización de la prueba piloto, la fabricación del anemómetro y la medida de la velocidad del aire) en unos 2 meses y medio y dejar otros 2 meses y medio para la redacción del informe experimental. Además durante la redacción del informe experimental tuvimos que trabajar durante los fines de semana ya que en esas 3 horas semanales el profesor nos corregía lo que habíamos hecho durante el fin de semana y nos mandaba tareas para el siguiente fin de semana.

El diseño final de las pruebas experimentales quedó de la siguiente manera, combinando los siguientes valores de las variables:

Distancia secado	Velocidad de aire	Temperatura aire
30 cm	Alta	Alta
"	"	Media
"	"	Baja
"	Baja	Alta
"	"	Media
"	"	Baja
60 cm	Alta	Alta
"	"	Media
"	"	Baja
"	Baja	Alta
"	"	Media
"	"	Baja
90 cm	Alta	Alta

"	"	Media
"	2	Baja
"	Baja	Alta
"	"	Media
"	"	Baja

en total 18 situaciones para cada una de las 3 distintas concentraciones con las que se humedece el pañuelo. (en total 54 pruebas experimentales y en cada una se pesaron 6 veces el pañuelo, por lo que en total se realizaron 324 medidas de secado).

La desarrollo de la investigación no tuvo ningún tipo de problemas y tanto la realización de las pruebas como la redacción del informe experimental se llevaron a cabo en los tiempos estimados. Si que es cierto que, cumpliéndose lo que nos había avisado el profesor, la redacción del informe experimental nos llevó más tiempo, incluso, que la realización de las pruebas, (nosotros pensábamos que no iba a ser así) teniendo que trabajar los 2 últimos meses más horas de las programadas en principio, dedicando horas de fines de semana y festivos que no estaban previstas.

OBTENCIÓN DE DATOS Y REALIZACIÓN DE CÁLCULOS EXPERIMENTALES

Las datos brutos obtenidos han sido los que aparecen en la siguiente tabla, se refieren a lo que pesó en gramos el pañuelo en las 54 pruebas experimentales (para 3 concentraciones de sal en el agua que moja el pañuelo, 3 longitudes del secador al pañuelo, 2 velocidades de salida de aire, 3 temperaturas de salida de aire) y después de 1, 2, 3, 4, 5 y 6 minutos de secado. La columna °C nos indica la temperatura de llegada del aire al pañuelo en esa prueba experimental

AGUA DESTILADA										
Longitud	Vel. Aire	Vueltas/min	Temper	°C	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min	6 min
30 cm	ALTO	124	ALTA	41	34,1	30,2	26,6	24	22	20,7
			MEDIA	30	36,3	33	30,1	27,7	25,5	23,4

			BAJA	17	37,7	35,6	33,5	31,7	29,9	28,3
	BAJO	92	ALTA	33	36,5	33,3	30,8	28,4	26,4	24,6
			MEDIA	25	37,5	35,1	32,6	30,4	28,5	26,7
			BAJA	17	38,3	36,7	34,9	33,2	31,6	30,1
60 cm	ALTO	86	ALTA	32	36,3	32,8	29,5	26,8	24,7	22,8
			MEDIA	26	37,7	35	32,2	29,7	27,5	25,6
			BAJA	16	37,9	36,3	34,7	33	31,3	29,7
	BAJO	64	ALTA	26	37,7	35,5	33	30,7	28,5	26,7
			MEDIA	22	38,1	36,2	34,2	32,2	30,1	28,2
			BAJA	16	38,6	37,1	35,6	34,1	32,7	31,2
90 cm	ALTO	40	ALTA	23	38	35,9	33,7	31,7	29,5	27,3
			MEDIA	20	38,4	36,6	34,7	32,9	31,1	29,3
			BAJA	16	38,6	37,3	36	34,6	33,2	31,8
	BAJO	31	ALTA	20	38,3	36,7	35,1	33,3	31,6	29,9
			MEDIA	18	38,5	37,1	35,8	34,2	32,9	31,5
			BAJA	16	38,7	37,3	36,1	34,8	33,7	32,5

DISOLUCIÓN DILUIDA

Longitud	Vel. Aire	Vueltas/min	Temper	°C	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min	6 min
30 cm	ALTO	124	ALTA	42	36	32,5	29,7	27,6	25,9	24,8
			MEDIA	30	37,1	34,3	31,9	29,9	28,1	26,7
			BAJA	15	38,3	36,9	35,4	34	32,6	31,4
	BAJO	92	ALTA	32	37,6	35,2	32,7	30,7	28,9	27,5
			MEDIA	24	38	36,1	34,1	32,4	30,8	29
			BAJA	16	38,6	37,2	35,8	34,5	33,2	32
60 cm	ALTO	86	ALTA	33	37,1	34,3	31,7	29,3	27,4	25,6
			MEDIA	25	37,8	35,6	33,4	31,2	29,2	27,6
			BAJA	16	38,4	36,9	35,5	34,1	32,6	31,2
	BAJO	64	ALTA	26	37,9	35,9	33,9	31,9	30	28,3
			MEDIA	22	38,4	36,8	35,1	33,5	32	30,4
			BAJA	16	37,7	37,4	36,2	34,9	33,6	32,4
90 cm	ALTO	40	ALTA	23	38,1	36,1	34,2	32,5	30,9	29,2
			MEDIA	20	38,5	36,8	35,2	33,5	31,9	30,3
			BAJA	16	38,7	37,4	36,1	34,8	33,5	32,2
	BAJO	31	ALTA	20	38,5	37	35,4	33,8	32,3	30,8
			MEDIA	17	38,7	37,5	36,3	35	33,8	32,5
			BAJA	15	38,8	37,6	36,6	35,6	34,7	33,7

DISOLUCIÓN CONCENTRADA

Longitud	Vel. Aire	Vueltas/min	Temper	°C	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min	6 min
30 cm	ALTO	124	ALTA	42	36,4	33,7	31,6	29,7	28,2	27,2
			MEDIA	30	37,8	35,6	33,5	31,8	30,2	28,9
			BAJA	18	38,4	37	35,7	34,4	33,2	32,1
	BAJO	92	ALTA	34	37,8	35,5	33,2	31,3	29,6	28,3
			MEDIA	26	38,3	36,5	34,8	33,3	31,9	30,7
			BAJA	17	38,8	37,5	36,2	35	33,9	32,9
60 cm	ALTO	86	ALTA	33	37,4	35,2	33	30,9	29,2	27,5
			MEDIA	46	38,1	36,3	34,5	32,7	31,2	29,8
			BAJA	17	38,9	37,6	36,4	35,2	34,1	33,1
	BAJO	64	ALTA	27	38	36,1	34,3	32,5	30,8	29,3
			MEDIA	23	38,5	37	35,3	33,7	32,4	31,2
			BAJA	17	38,9	37,7	36,6	35,6	34,6	33,7
90 cm	ALTO	40	ALTA	24	38,2	36,2	34,4	32,8	31,3	29,7

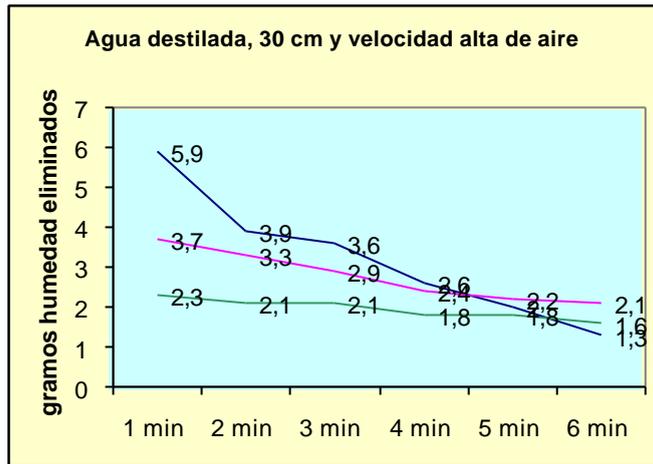
			MEDIA	21	38,5	36,9	35,3	33,7	32,3	30,9
			BAJA	15	38,9	37,7	36,6	35,4	34,3	33,2
	BAJO	31	ALTA	20	38,6	37,1	35,6	34,1	32,6	31,3
			MEDIA	17	38,8	37,7	36,6	35,5	34,4	33,3
			BAJA	15	39	37,9	37,1	36,1	35,3	34,5

En la siguiente tabla se muestran los gramos de agua eliminados en cada minuto en cada una de las pruebas experimentales. En la columna "1 min" se indica los gramos de agua eliminados en el primer minuto (diferencia entre 40 gramos y lo que pesó el pañuelo después de secar durante 1 minuto), en la columna "2 min" se indica lo secado en el segundo minuto (diferencia entre lo que pesó el pañuelo después de secado 1 minuto y lo que pesó después de secado 2 minutos) y así sucesivamente. Al final, la columna "promedio" nos da la media aritmética de los gramos secados en los 6 minutos

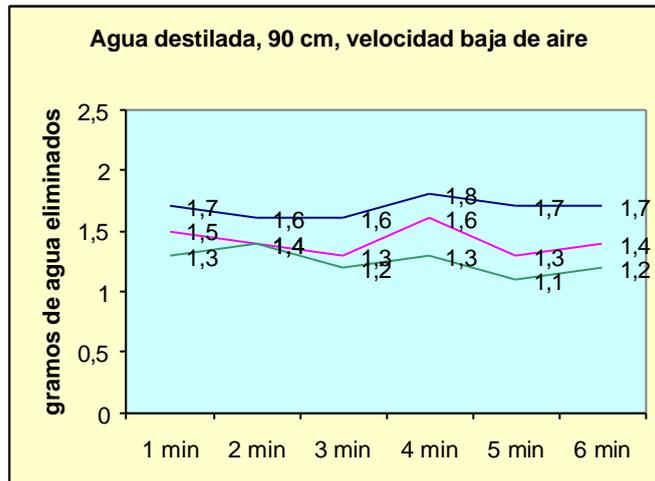
AGUA DESTILADA					GRAMOS POR MINUTO						
Longitud	Vel. Aire	Vueltas/min	Temper	°C	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min	6 min	Promedio
30 cm	ALTO	124	ALTA	41	5,9	3,9	3,6	2,6	2	1,3	3,22
			MEDIA	30	3,7	3,3	2,9	2,4	2,2	2,1	2,77
			BAJA	17	2,3	2,1	2,1	1,8	1,8	1,6	1,95
BAJO	92		ALTA	33	3,5	3,2	2,5	2,4	2	1,8	2,57
			MEDIA	25	2,5	2,4	2,5	2,2	1,9	1,8	2,22
			BAJA	17	1,7	1,6	1,8	1,7	1,6	1,5	1,65
60 cm	ALTO	86	ALTA	32	3,7	3,5	3,3	2,7	2,1	1,9	2,87
			MEDIA	26	2,3	2,7	2,8	2,5	2,2	1,9	2,40
			BAJA	16	2,1	1,6	1,6	1,7	1,7	1,6	1,72
BAJO	64		ALTA	26	2,3	2,2	2,5	2,3	2,2	1,8	2,22
			MEDIA	22	1,9	1,9	2	2	2,1	1,9	1,97
			BAJA	16	1,4	1,5	1,5	1,5	1,4	1,5	1,47
90 cm	ALTO	40	ALTA	23	2	2,1	2,2	2	2,2	2,2	2,12
			MEDIA	20	1,6	1,8	1,9	1,8	1,8	1,8	1,78
			BAJA	16	1,4	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,37
BAJO	31		ALTA	20	1,7	1,6	1,6	1,8	1,7	1,7	1,68
			MEDIA	18	1,5	1,4	1,3	1,6	1,3	1,4	1,42
			BAJA	16	1,3	1,4	1,2	1,3	1,1	1,2	1,25
DISOLUCION DILUIDA					GRAMOS POR MINUTO						
Longitud	Vel. Aire	Vueltas/min	Temper	°C	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min	6 min	Promedio
30 cm	ALTO	124	ALTA	42	4	3,5	2,8	2,1	1,7	1,1	2,53
			MEDIA	30	2,9	2,8	2,4	2	1,8	1,4	2,22
			BAJA	15	1,7	1,4	1,5	1,4	1,4	1,2	1,43
BAJO	92		ALTA	30	2,4	2,4	2,5	2	1,8	1,4	2,08
			MEDIA	23	2	1,9	2	1,7	1,6	1,8	1,83
			BAJA	16	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,33

60 cm	ALTO	86	ALTA	33	2,9	2,8	2,6	2,4	1,9	1,8	2,40
			MEDIA	25	2,2	2,2	2,2	2,2	2	1,6	2,07
			BAJA	16	1,6	1,5	1,4	1,4	1,5	1,4	1,47
	BAJO	64	ALTA	26	2,1	2	2	2	1,9	1,7	1,95
			MEDIA	22	1,6	1,6	1,7	1,6	1,5	1,6	1,60
			BAJA	16	1,3	1,3	1,2	1,3	1,3	1,2	1,27
90 cm	ALTO	40	ALTA	23	1,9	2	1,9	1,7	1,6	1,7	1,80
			MEDIA	20	1,5	1,7	1,6	1,7	1,6	1,6	1,62
			BAJA	16	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,30
	BAJO	31	ALTA	20	1,5	1,5	1,6	1,6	1,5	1,5	1,53
			MEDIA	17	1,3	1,2	1,2	1,3	1,2	1,3	1,25
			BAJA	15	1,2	1,2	1	1	0,9	1	1,05
DISOLUCIÓN CONCENTRADA				GRAMOS POR MINUTO							
Longitud	Vel. Aire	Vuetas/min	Temper	°C	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min	6 min	Promedio
30 cm	ALTO	124	ALTA	42	3,6	2,7	2,1	1,9	1,5	1	2,13
			MEDIA	30	2,2	2,2	2,1	1,7	1,6	1,3	1,85
			BAJA	18	1,6	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1	1,32
	BAJO	92	ALTA	34	2,2	2,3	2,3	1,9	1,7	1,3	1,95
			MEDIA	26	1,7	1,8	1,7	1,5	1,4	1,2	1,55
			BAJA	18	1,2	1,3	1,3	1,2	1,1	1	1,18
60 cm	ALTO	86	ALTA	33	2,6	2,2	2,2	2,1	1,7	1,7	2,08
			MEDIA	46	1,9	1,8	1,8	1,8	1,5	1,4	1,70
			BAJA	17	1,1	1,3	1,2	1,2	1,1	1	1,15
	BAJO	64	ALTA	27	2	1,9	1,8	1,8	1,7	1,5	1,78
			MEDIA	23	1,5	1,5	1,7	1,6	1,3	1,2	1,47
			BAJA	18	1,1	1,2	1,1	1	1	0,9	1,05
90 cm	ALTO	40	ALTA	24	1,8	2	1,8	1,6	1,5	1,6	1,72
			MEDIA	21	1,5	1,6	1,6	1,6	1,4	1,4	1,52
			BAJA	15	1,1	1,2	1,1	1,2	1,1	1,1	1,13
	BAJO	31	ALTA	20	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,3	1,45
			MEDIA	17	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,12
			BAJA	15	1	1,1	0,8	1	0,8	0,8	0,92

Una primera visión de los datos de esta tabla nos indica que el secado también es función de la cantidad de humedad presente en el pañuelo ya que al principio el secado es muy rápido y más lento al final, separándose por encima del promedio en los primeros minutos y por debajo en los minutos últimos. Este efecto es muy intenso en las condiciones más drásticas de secado y se va suavizando hasta prácticamente anularse en las condiciones más suaves. Todo esto se aprecia mejor en las gráficas de la siguiente página:



Como puede apreciarse, en condiciones drásticas de secado, como las que se presentan en la gráfica (30 cm y velocidad alta de aire), al principio se produce un mayor secado que al final y este efecto es mayor (la línea de arriba) cuanto mayor es la temperatura de secado y menor (la línea de abajo) a menor temperatura



Este efecto no se aprecia cuando las condiciones de secado son suaves (en la gráfica 90 cm y velocidad baja de aire). Se aprecia que los gramos secados en cada minuto para cada serie son casi iguales en todos los minutos y para las 3 temperaturas

Los datos de la siguiente tabla corresponden a los promedios de humedad eliminada en los tiempos que se indican, que se han calculado dividiendo la cantidad total de agua eliminada desde el principio (con 40,0 gramos de humedad) dividido por los minutos empleados en el secado. Nosotros creemos que estos son los mejores datos para utilizar en los cálculos para la comprobación de las hipótesis de nuestra investigación, ya que los datos de la anterior tabla estarían afectados por el factor cantidad de humedad presente en el pañuelo, que se ha comentado, cosa que no sucede en este caso al obtenerse todos los datos a partir de los 40 gramos de peso del pañuelo iniciales:

AGUA DESTILADA					PROMEDIOS EN LOS MINUTOS INDICADOS					
Longitud	Vel. Aire	Vueltas/min	Temper	°C	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min	6 min
30 cm	ALTO	124	ALTA	41	5,9	4,9	4,47	4,00	3,6	3,22
			MEDIA	30	3,7	3,5	3,30	3,08	2,9	2,77
			BAJA	17	2,3	2,2	2,17	2,08	2,02	1,95
BAJO	92		ALTA	33	3,5	3,35	3,07	2,90	2,72	2,57
			MEDIA	25	2,5	2,45	2,47	2,40	2,3	2,22
			BAJA	17	1,7	1,65	1,70	1,70	1,68	1,65
60 cm	ALTO	86	ALTA	32	3,7	3,6	3,50	3,30	3,06	2,87
			MEDIA	26	2,3	2,5	2,60	2,58	2,5	2,40
			BAJA	16	2,1	1,85	1,77	1,75	1,74	1,72
BAJO	64		ALTA	26	2,3	2,25	2,33	2,33	2,3	2,22
			MEDIA	22	1,9	1,9	1,93	1,95	1,98	1,97
			BAJA	16	1,4	1,45	1,47	1,48	1,46	1,47
90 cm	ALTO	40	ALTA	23	2	2,05	2,10	2,08	2,1	2,12
			MEDIA	20	1,6	1,7	1,77	1,78	1,78	1,78
			BAJA	16	1,4	1,35	1,33	1,35	1,36	1,37
BAJO	31		ALTA	20	1,7	1,65	1,63	1,68	1,68	1,68
			MEDIA	18	1,5	1,45	1,40	1,45	1,42	1,42
			BAJA	16	1,3	1,35	1,30	1,30	1,26	1,25
DISOLUCIÓN DILUIDA					PROMEDIOS EN LOS MINUTOS INDICADOS					
Longitud	Vel. Aire	Vueltas/min	Temper	°C	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min	6 min
30 cm	ALTO	124	ALTA	42	4	3,75	3,43	3,10	2,82	2,53
			MEDIA	30	2,9	2,85	2,70	2,53	2,38	2,22
			BAJA	15	1,7	1,55	1,53	1,50	1,48	1,43
BAJO	92		ALTA	32	2,4	2,4	2,43	2,33	2,22	2,08
			MEDIA	24	2	1,95	1,97	1,90	1,84	1,83
			BAJA	16	1,4	1,4	1,40	1,38	1,36	1,33
60 cm	ALTO	86	ALTA	33	2,9	2,85	2,77	2,68	2,52	2,40
			MEDIA	25	2,2	2,2	2,20	2,20	2,16	2,07
			BAJA	16	1,6	1,55	1,50	1,48	1,48	1,47
BAJO	64		ALTA	26	2,1	2,05	2,03	2,03	2	1,95
			MEDIA	22	1,6	1,6	1,63	1,63	1,6	1,60
			BAJA	16	1,3	1,3	1,27	1,28	1,28	1,27
90 cm	ALTO	40	ALTA	23	1,9	1,95	1,93	1,88	1,82	1,80
			MEDIA	20	1,5	1,6	1,60	1,63	1,62	1,62
			BAJA	16	1,3	1,3	1,30	1,30	1,3	1,30
BAJO	31		ALTA	20	1,5	1,5	1,53	1,55	1,54	1,53
			MEDIA	17	1,3	1,25	1,23	1,25	1,24	1,25
			BAJA	15	1,2	1,2	1,13	1,10	1,06	1,05
DISOLUCIÓN CONCENTRADA					PROMEDIOS EN LOS MINUTOS INDICADOS					
Longitud	Vel. Aire	Vueltas/min	Temper	°C	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min	6 min
30 cm	ALTO	124	ALTA	42	3,6	3,15	2,80	2,58	2,36	2,13
			MEDIA	30	2,2	2,2	2,17	2,05	1,96	1,85
			BAJA	18	1,6	1,5	1,43	1,40	1,36	1,32
BAJO	92		ALTA	34	2,2	2,25	2,27	2,18	2,08	1,95
			MEDIA	26	1,7	1,75	1,73	1,68	1,62	1,55
			BAJA	17	1,2	1,25	1,27	1,25	1,22	1,18
60 cm	ALTO	86	ALTA	33	2,6	2,4	2,33	2,28	2,16	2,08
			MEDIA	26	1,9	1,85	1,83	1,83	1,76	1,70

			BAJA	17	1,1	1,2	1,20	1,20	1,18	1,15
	BAJO	64	ALTA	27	2	1,95	1,90	1,88	1,84	1,78
			MEDIA	23	1,5	1,5	1,57	1,58	1,52	1,47
			BAJA	17	1,1	1,15	1,13	1,10	1,08	1,05
90 cm	ALTO	40	ALTA	24	1,8	1,9	1,87	1,80	1,74	1,72
			MEDIA	21	1,5	1,55	1,57	1,58	1,54	1,52
			BAJA	15	1,1	1,15	1,13	1,15	1,14	1,13
	BAJO	31	ALTA	20	1,4	1,45	1,47	1,48	1,48	1,45
			MEDIA	17	1,2	1,15	1,13	1,13	1,12	1,12
			BAJA	15	1	1,05	0,97	0,98	0,94	0,92

Cálculos para la comprobación de la primera hipótesis: "La cantidad de agua evaporada en el secado de la ropa húmeda es directamente proporcional a la temperatura del aire".

Vamos a realizar 2 tipos de cálculos que nos relacione la temperatura con la cantidad de humedad eliminada por minuto (promedios): correlaciones y regresiones. Como estudiamos en matemáticas, las correlaciones nos da el grado en que se relacionan las 2 magnitudes, tomando valores entre +1 y -1, significando que cuanto más se acerque el valor de la correlación a +1 (ó -1) mayor es la relación positiva entre las magnitudes (o negativa) y cuanto más se acerca a 0, menor es la relación. Las regresiones nos da la función que nos relaciona los °C de temperatura (variable X) con la cantidad de agua eliminada por minuto (variable Y), es decir, una especie de fórmula del tipo

$$Y = aX + b; \quad \text{gramos de agua eliminada por minuto} = a \cdot (\text{número de } ^\circ\text{C}) + b$$

en donde "a" representa la pendiente, es decir, los gramos de agua eliminados por minuto, por cada °C de aumento de temperatura; "b" es el valor que toma los gramos de agua eliminados por minuto para un valor de la temperatura de 0°C. Estos cálculos se realizan con el programa Excel de Microsoft (en Herramientas, Análisis de datos, Coeficiente de correlación o Regresión e introduciendo los datos requeridos para los cálculos).

Para la realización de correlaciones se toman los datos de una situación experimental y se hallan las correlaciones entre los 3 datos de temperaturas y los 3 datos de secado por minuto y eso para cada uno de los tiempos de secado y para cada situación experimental. Así por ejemplo, para la situación experimental agua destilada-30 cm-alta velocidad aire, cuyos datos de temperatura y de secado por minuto aparecen abajo,

°C	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min	6 min
41	5,9	4,9	4,47	4,00	3,6	3,22
30	3,7	3,5	3,30	3,08	2,9	2,77
17	2,3	2,2	2,17	2,08	2,02	1,95

se realizarán correlaciones de las temperaturas 41°C, 30°C y 17°C con los secados por minuto 5,9 gramos, 3,7 gramos y 2,3 gramos para el primer minuto y lo mismo para todos los otros tiempos. (En apéndice 1, al final de este trabajo, puede verse como se realizó el cálculo en Excel para este caso)

Las correlaciones obtenidas, para todas las situaciones experimentales y para cada uno de los tiempos de secado, resultaron ser las siguientes:

Situación experimental	Correlaciones						Promedio
	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min	6 min	
Agua destilada-30 cm-alta vel. aire	0,9846	0,9976	0,9984	0,9997	0,9998	0,9931	0,9955
Agua destilada-30 cm-baja vel. aire	0,9979	0,9994	0,9975	0,9954	0,9939	0,9908	0,9958
Agua destilada-60 cm-alta vel. aire	0,8515	0,9580	0,9863	0,9944	0,9984	0,9994	0,9647
Agua destilada-60 cm-baja vel. aire	0,9987	0,9991	0,9975	0,9989	0,9998	0,9972	0,9985
Agua destilada-90 cm-alta vel. aire	0,9631	0,9966	1,0000	0,9999	1,0000	0,9998	0,9932
Agua destilada-90 cm-baja vel. aire	1,0000	0,9820	0,9744	0,9934	0,9907	0,9912	0,9886
Disoluc. diluida-30 cm-alta vel. aire	0,9992	0,9992	0,9978	0,9953	0,9914	0,9845	0,9946
Disoluc. diluida-30 cm-baja vel. aire	0,9934	0,9983	0,9984	0,9982	0,9978	0,9820	0,9947
Disoluc. diluida-60 cm-alta vel. aire	0,9969	0,9994	0,9996	0,9963	0,9900	0,9916	0,9957
Disoluc. diluida-60 cm-baja vel. aire	0,9668	0,9737	0,9902	0,9883	0,9840	0,9917	0,9824
Disoluc. diluida-90 cm-alta vel. aire	0,9631	0,9920	0,9937	1,0000	0,9987	0,9975	0,9908
Disoluc. diluida-90 cm-baja vel. aire	0,9972	0,9683	0,9862	0,9972	0,9996	0,9999	0,9914
Disoluc. concent-30 cm-alta vel. aire	0,9744	0,9962	0,9991	0,9981	0,9934	0,9847	0,9910
Disoluc. concent-30 cm-baja vel. aire	0,9994	0,9994	0,9974	0,9967	0,9972	0,9983	0,9981
Disoluc. concent-60 cm-alta vel. aire	0,9994	0,9997	1,0000	0,9998	0,9994	0,9995	0,9996
Disoluc. concent-60 cm-baja vel. aire	0,9840	0,9826	0,9992	0,9999	0,9997	0,9993	0,9941
Disoluc. concent-90 cm-alta vel. aire	0,9942	0,9885	0,9963	0,9999	1,0000	0,9999	0,9965

Disoluc.concent-90 cm-baja vel.aire	0,9934	0,9862	0,9972	0,9937	0,9972	0,9996	0,9946
Promedio	0,9810	0,9898	0,9950	0,9969	0,9962	0,9945	0,9922

Pueden apreciarse correlaciones altísimas, tanto para todas las situaciones experimentales, con promedios de correlaciones que van desde 0,9996 (la más alta para la situación experimental disoluc.concent-60 cm-alta vel.aire) hasta 0,9647 (la más baja para la situación experimental agua destilada-60 cm-alta vel.aire), como para todos los tiempos de secado, con promedios de correlaciones que van desde 0,9969 (la más alta para 4 minutos) hasta 0,9810 (la más baja para 1 minuto) y con un promedio general de 0,9922. En cualquier caso, todas muy altas, lo que nos indica una fuerte relación positiva entre las variables temperatura y cantidad de agua evaporada por minuto para todas las situaciones experimentales y para todos los tiempos de secado.

El dato de interés en la regresión es la pendiente de la recta de regresión, es decir el valor de "a" en la recta $Y = aX + b$, siendo Y los gramos de humedad que en promedio se pierden por minuto después de un tiempo de secado y X los °C de temperatura. El valor de "a" representa los gramos de agua perdidos por minuto en promedio por cada °C de temperatura, algo así como la eficacia de la temperatura para realizar secado. (En apéndice 2, al final de este trabajo, se presenta un ejemplo de cálculo de regresión, en concreto, para el caso agua destilada-30cm-alta velocidad de aire y para 1 minuto de secado, tal como aparece en Excel))

En la tabla siguiente aparecen los datos de "a" para cada una de las situaciones experimentales y para cada uno de los tiempos de secado

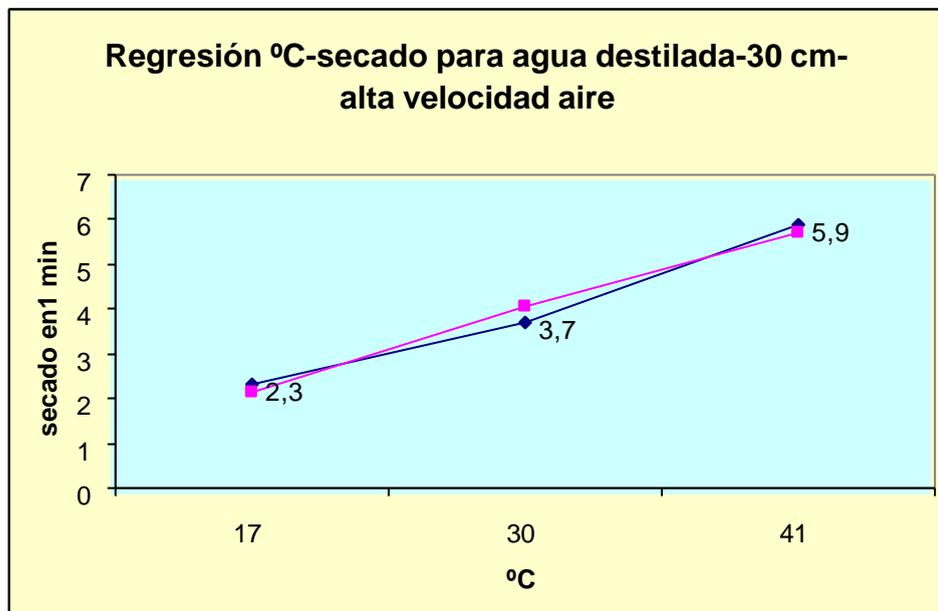
Situación experimental	Valor de la pendiente en la recta de regresión						Promedio
	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min	6 min	
Agua destilada-30 cm-alta vel,aire	0,1487	0,1121	0,0956	0,0801	0,0659	0,0531	0,0926
Grado incertidumbre	0,1118	0,0442	0,0359	0,0163	0,0112	0,0748	0,0491
Agua destilada-30 cm-baja vel,aire	0,1125	0,1063	0,0854	0,0750	0,0650	0,0573	0,0836
Grado incertidumbre	0,0408	0,0216	0,0447	0,0611	0,0704	0,0863	0,0542
Agua destilada-60 cm-alta vel.aire	0,0918	0,1048	0,1058	0,0954	0,0818	0,0715	0,0919

Grado incertidumbre	0,3514	0,1851	0,1054	0,0676	0,0357	0,0223	0,1279
Agua destilada-60 cm-baja vel.aire	0,0895	0,0796	0,0860	0,0845	0,0842	0,0757	0,0832
Grado incertidumbre	0,0324	0,0273	0,0449	0,0300	0,0138	0,0479	0,0327
Agua destilada-90 cm-alta vel.aire	0,0838	0,0993	0,1095	0,1037	0,1057	0,1070	0,1015
Grado incertidumbre	0,1734	0,0524	0,0045	0,0108	0,0028	0,0116	0,0426
Agua destilada-90 cm-baja vel.aire	0,1000	0,0750	0,0833	0,0937	0,1050	0,1083	0,0942
Grado incertidumbre	0,0000	0,1210	0,1445	0,0732	0,0870	0,0843	0,0850
Disoluc.diluida-30 cm-alta vel.aire	0,0850	0,0817	0,0707	0,0596	0,0501	0,0412	0,0647
Grado incertidumbre	0,0248	0,0258	0,0426	0,0617	0,0838	0,1121	0,0585
Disoluc.diluida-30 cm-baja vel.aire	0,0625	0,0625	0,0646	0,0594	0,0538	0,0469	0,0583
Grado incertidumbre	0,0732	0,0367	0,0355	0,0386	0,0427	0,1210	0,0580
Disoluc.diluida-60 cm-alta vel.aire	0,0763	0,0764	0,0746	0,0708	0,0615	0,0551	0,0691
Grado incertidumbre	0,0499	0,0216	0,0170	0,0546	0,0903	0,0825	0,0526
Disoluc.diluida-60 cm-baja vel.aire	0,0776	0,0730	0,0754	0,0737	0,0705	0,0673	0,0729
Grado incertidumbre	0,1644	0,1464	0,0892	0,0977	0,1140	0,0822	0,1156
Disoluc.diluida-90 cm-alta vel.aire	0,0838	0,0919	0,0896	0,0821	0,0746	0,0718	0,0823
Grado incertidumbre	0,1734	0,0806	0,0717	0,0045	0,0319	0,0449	0,0679
Disoluc.diluida-90 cm-baja vel.aire	0,0605	0,0618	0,0816	0,0908	0,0963	0,0965	0,0813
Grado incertidumbre	0,0479	0,1607	0,1057	0,0479	0,0181	0,0100	0,0650
Disoluc.concent-30 cm-alta vel.aire	0,0833	0,0688	0,0569	0,0490	0,0417	0,0340	0,0556
Grado incertidumbre	0,1445	0,0555	0,0269	0,0391	0,0732	0,1114	0,0751
Disoluc.concent-30 cm-baja vel.aire	0,0588	0,0588	0,0587	0,0543	0,0505	0,0450	0,0543
Grado incertidumbre	0,0216	0,0216	0,0461	0,0514	0,0472	0,0376	0,0376
Disoluc.concent-60 cm-alta vel.aire	0,0935	0,0749	0,0708	0,0673	0,0614	0,0585	0,0711
Grado incertidumbre	0,0214	0,0153	0,0027	0,0138	0,0214	0,0195	0,0157
Disoluc.concent-60 cm-baja vel.aire	0,0882	0,0783	0,0763	0,0776	0,0758	0,0758	0,0787
Grado incertidumbre	0,1140	0,1191	0,0253	0,0093	0,0153	0,0153	0,0497
Disoluc.concent-90 cm-alta vel.aire	0,0762	0,0810	0,0802	0,0720	0,0667	0,0647	0,0734
Grado incertidumbre	0,0686	0,0965	0,0545	0,0091	0,0000	0,0068	0,0393
Disoluc.concent-90 cm-baja vel.aire	0,0789	0,0816	0,1009	0,1013	0,1089	0,1070	0,0964
Grado incertidumbre	0,0732	0,1057	0,0479	0,0713	0,0479	0,0181	0,0607
Promedio	0,0862	0,0815	0,0814	0,0772	0,0733	0,0687	0,0781
Grado incertidumbre	0,0937	0,0743	0,0525	0,0421	0,0448	0,0549	0,0604

Lo principal a destacar es que todas las pendientes (en rojo) son positivas con pequeños grados de incertidumbre (el promedio de los promedios da una incertidumbre de tan solo 6,04 %), lo que indica la buena bondad del ajuste de los datos a la regresión. El que todas las regresiones sean positivas para todas las situaciones experimentales y para todos los tiempos de secado nos confirma la relación positiva que existe entre temperatura de secado y gramos de humedad perdidos por minuto, tal como predice nuestra hipótesis.

Una gráfica de la regresión nos permite una mejor visualización de lo indicado en el anterior párrafo. La gráfica corresponde a la regresión para la situación

experimental agua destilada-30 cm-alta velocidad de aire y para 1 minuto, con una pendiente de 0,1487 y un grado de incertidumbre de 0,1118, pero puede servir de ejemplo porque es semejante para todos los casos.



En la gráfica puede apreciarse que al aumentar la temperatura aumenta la cantidad de agua eliminada (0,1487 gramos por cada °C) y el buen ajuste de los datos reales obtenidos (2,3; 3,7 y 5,9) a la recta de regresión de la pendiente indicada.

Otro detalle a destacar es que el caso de mayor eficacia de secado corresponde a la situación experimental agua destilada-30cm-alta velocidad de aire y para tiempo de 1 minuto (destacado en **negrita**) y el caso de menor eficacia de secado corresponde a la situación experimental disolución concentrada-30cm-alta velocidad de aire y para 6 minutos de secado (también destacado en **negrita**). En este sentido, si miramos a los promedios de todos los tiempos de secado (abajo en la tabla y en rojo) vemos que va disminuyendo progresivamente el valor, lo que indica que la temperatura va perdiendo eficacia de secado conforme va desapareciendo la humedad, tal como ya habíamos visto

anteriormente. Este efecto es mayor en las condiciones más drásticas de secado (a 30 cm de distancia y velocidad alta de aire) y va disminuyendo, incluso, hasta anularse en las condiciones más suaves de secado (90 cm y velocidad baja de aire), cualquiera que sean las concentraciones de las disoluciones empleadas en mojar el pañuelo. Los promedios para las distintas situaciones experimentales son más variables, no pudiéndose destacar ninguna relación apreciable.

Cálculos para la comprobación de la segunda hipótesis: " La cantidad de agua evaporada en el secado de la ropa húmeda es inversamente proporcional a la **concentración de sal** presente en el agua que la moja".

Disponiendo los datos de promedios de humedad eliminada por minuto y para todos los tiempos de secado, de tal forma que se juntan los datos de diferentes concentraciones en gramos de sal /100 gramos de agua y para cada situación experimental, como en la tabla siguiente:

Situación experimental	Concentración	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min	6 min
30 cm-T alta-alta veloc.aire	0	5,9	4,9	4,47	4,00	3,6	3,22
	15	4	3,75	3,43	3,10	2,82	2,53
	30	3,6	3,15	2,80	2,58	2,36	2,13
30 cm-T media-alta veloc.aire	0	3,7	3,5	3,30	3,08	2,9	2,77
	15	2,9	2,85	2,70	2,53	2,38	2,22
	30	2,2	2,2	2,17	2,05	1,96	1,85
30 cm-T baja-alta veloc.aire	0	2,3	2,2	2,17	2,08	2,02	1,95
	15	1,7	1,55	1,53	1,50	1,48	1,43
	30	1,6	1,5	1,43	1,40	1,36	1,32
30 cm-T alta-baja veloc.aire	0	3,5	3,35	3,07	2,90	2,72	2,57
	15	2,4	2,4	2,43	2,33	2,22	2,08
	30	2,2	2,25	2,27	2,18	2,08	1,95
30 cm-T media-baja veloc.aire	0	2,5	2,45	2,47	2,40	2,3	2,22
	15	2	1,95	1,97	1,90	1,84	1,83
	30	1,7	1,75	1,73	1,68	1,62	1,55
30 cm-T baja-baja veloc.aire	0	1,7	1,65	1,70	1,70	1,68	1,65
	15	1,4	1,4	1,40	1,38	1,36	1,33
	30	1,2	1,25	1,27	1,25	1,22	1,18
60 cm-T alta-alta veloc.aire	0	3,7	3,6	3,50	3,30	3,06	2,87

	15	2,9	2,85	2,77	2,68	2,52	2,40
	30	2,6	2,4	2,33	2,28	2,16	2,08
60 cm-T media-alta veloc.aire	0	2,3	2,5	2,60	2,58	2,5	2,40
	15	2,2	2,2	2,20	2,20	2,16	2,07
	30	1,9	1,85	1,83	1,83	1,76	1,70
60 cm-T baja-alta veloc.aire	0	2,1	1,85	1,77	1,75	1,74	1,72
	15	1,6	1,55	1,50	1,48	1,48	1,47
	30	1,1	1,2	1,20	1,20	1,18	1,15
60 cm-T alta-baja veloc.aire	0	2,3	2,25	2,33	2,33	2,3	2,22
	15	2,1	2,05	2,03	2,03	2	1,95
	30	2	1,95	1,90	1,88	1,84	1,78
60 cm-T media-baja veloc.aire	0	1,9	1,9	1,93	1,95	1,98	1,97
	15	1,6	1,6	1,63	1,63	1,6	1,60
	30	1,5	1,5	1,57	1,58	1,52	1,47
60 cm-T baja-baja veloc.aire	0	1,4	1,45	1,47	1,48	1,46	1,47
	15	1,3	1,3	1,27	1,28	1,28	1,27
	30	1,1	1,15	1,13	1,10	1,08	1,05
90 cm-T alta-alta veloc.aire	0	2	2,05	2,10	2,08	2,1	2,12
	15	1,9	1,95	1,93	1,88	1,82	1,80
	30	1,8	1,9	1,87	1,80	1,74	1,72
90 cm-T media-alta veloc.aire	0	1,6	1,7	1,77	1,78	1,78	1,78
	15	1,5	1,6	1,60	1,63	1,62	1,62
	30	1,5	1,55	1,57	1,58	1,54	1,52
90 cm-T baja-alta veloc.aire	0	1,4	1,35	1,33	1,35	1,36	1,37
	15	1,3	1,3	1,30	1,30	1,3	1,30
	30	1,1	1,15	1,13	1,15	1,14	1,13
90 cm-T alta-baja veloc.aire	0	1,7	1,65	1,63	1,68	1,68	1,68
	15	1,5	1,5	1,53	1,55	1,54	1,53
	30	1,4	1,45	1,47	1,48	1,48	1,45
90 cm-T media-baja veloc.aire	0	1,5	1,45	1,40	1,45	1,42	1,42
	15	1,3	1,25	1,23	1,25	1,24	1,25
	30	1,2	1,15	1,13	1,13	1,12	1,12
90 cm-T baja-baja veloc.aire	0	1,3	1,35	1,30	1,30	1,26	1,25
	15	1,2	1,2	1,13	1,10	1,06	1,05
	30	1	1,05	0,97	0,98	0,94	0,92

se toman grupos de datos de la misma situación experimental y se realizan cálculos de correlaciones y regresiones entre las variable concentración de la disolución que moja el pañuelo y la variable promedio de agua eliminada por minuto. Por ejemplo, el primer grupo de datos, correspondiente a la situación experimental 30 cm-T alta-alta veloc.aire, para el que se realizan estos cálculos es:

Concentración	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min	6 min
0	5,9	4,9	4,47	4,00	3,6	3,22
15	4	3,75	3,43	3,10	2,82	2,53
30	3,6	3,15	2,80	2,58	2,36	2,13

Quizás conviene advertir que la temperatura sea alta, media o baja no siempre corresponde a la misma en todas las situaciones experimentales, ya que cambia algo según el día en que se realizó el experimento por variar la temperatura ambiente, aunque pensamos que la variación es tan pequeña (máxima de 2 °C) que las posibles distorsiones que genere serán inapreciables.

Los cálculos de correlaciones se obtienen relacionando las concentraciones con sus correspondientes gramos de agua eliminada, para cada uno de los tiempos de secado. (En el apéndice 3, al final de este trabajo, aparecen las correlaciones obtenidas para los datos de la tabla anterior, tal como aparecen en Excel)

Realizados los cálculos para todos los casos, se obtuvieron los siguientes resultados para las correlaciones:

Situación experimental	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min	6 min	Promedio
30 cm-T alta-alta veloc.aire	-0,9359	-0,9839	-0,9905	-0,9887	-0,9891	-0,9888	-0,9795
30 cm-T media-alta veloc.aire	-0,9993	-1,0000	-0,9994	-0,9991	-0,9981	-0,9934	-0,9982
30 cm-T baja-alta veloc.aire	-0,9245	-0,8963	-0,9220	-0,9265	-0,9387	-0,9395	-0,9246
30 cm-T alta-baja veloc.aire	-0,9286	-0,9220	-0,9477	-0,9472	-0,9511	-0,9503	-0,9411
30 cm-T media-baja veloc.aire	-0,9897	-0,9707	-0,9787	-0,9769	-0,9799	-0,9963	-0,9820
30 cm-T baja-baja veloc.aire	-0,9934	-0,9897	-0,9762	-0,9686	-0,9754	-0,9794	-0,9805
60 cm-T alta-alta veloc.aire	-0,9672	-0,9897	-0,9892	-0,9921	-0,9934	-0,9939	-0,9876
60 cm-T media-alta veloc.aire	-0,9608	-0,9990	-0,9997	-1,0000	-0,9989	-0,9996	-0,9930
60 cm-T baja-alta veloc.aire	-1,0000	-0,9990	-0,9994	-1,0000	-0,9992	-0,9977	-0,9992
60 cm-T alta-baja veloc.aire	-0,9820	-0,9820	-0,9762	-0,9820	-0,9849	-0,9912	-0,9831
60 cm-T media-baja veloc.aire	-0,9608	-0,9608	-0,9387	-0,9209	-0,9359	-0,9656	-0,9471
60 cm-T baja-baja veloc.aire	-0,9820	-1,0000	-0,9934	-0,9993	-0,9995	-0,9997	-0,9957
90 cm-T alta-alta veloc.aire	-1,0000	-0,9820	-0,9707	-0,9672	-0,9522	-0,9477	-0,9700
90 cm-T media-alta veloc.aire	-0,8660	-0,9820	-0,9333	-0,9608	-0,9820	-0,9897	-0,9523
90 cm-T baja-alta veloc.aire	-0,9820	-0,9608	-0,9333	-0,9608	-0,9672	-0,9707	-0,9625
90 cm-T alta-baja veloc.aire	-0,9820	-0,9608	-0,9934	-0,9897	-0,9744	-0,9867	-0,9812
90 cm-T media-baja veloc.aire	-0,9820	-0,9820	-0,9897	-0,9912	-0,9934	-0,9979	-0,9894
90 cm-T baja-baja veloc.aire	-0,9820	-1,0000	-1,0000	-0,9912	-0,9897	-0,9934	-0,9927
Promedios	-0,9677	-0,9756	-0,9740	-0,9757	-0,9779	-0,9823	-0,9755

Lo más importante a destacar es que todas las correlaciones son negativas conforme a lo que nuestra hipótesis afirmaba, la más pequeña de -0,8963 (destacada en

negrita) y varias con correlación -1, siendo el promedio de todos los promedios de - 0,9755, lo que indica la fuerte proporcionalidad inversa entre las 2 variables

En cuanto al cálculo de las coeficientes "a" de regresión (cuyo valor representará en este caso los gramos de humedad eliminados por minuto por cada gramo de concentración salina, que por ser negativo significa que al aumentar la concentración se eliminan menos gramos por unidad de concentración. (En apéndice 4, al final de este trabajo, se presenta un ejemplo de cálculo de regresión, en concreto, para el caso 30 cm- Temperatura alta-alta velocidad de aire y para 1 minuto de secado, tal como aparece en Excel)

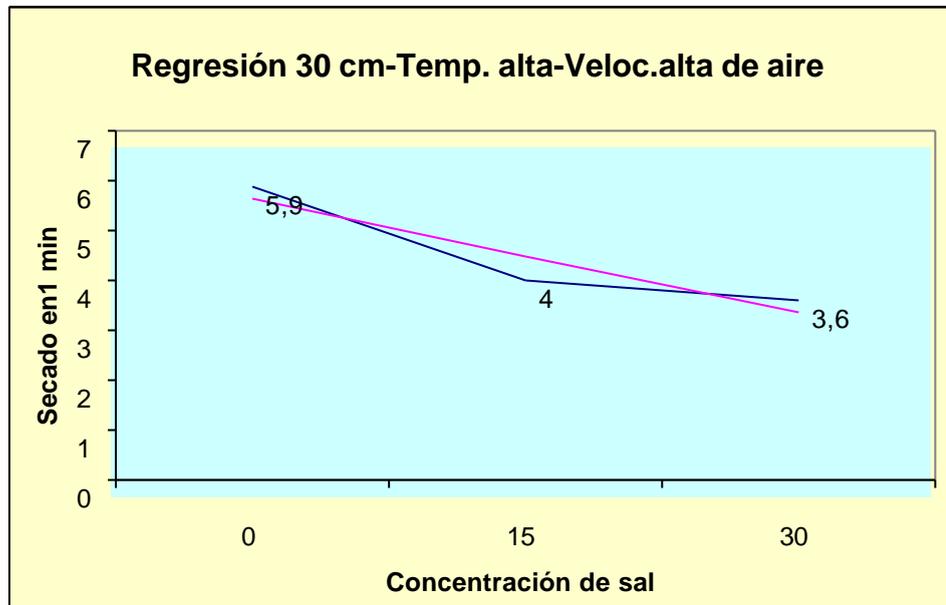
En la tabla siguiente aparecen los datos de "a" para cada una de las situaciones experimentales y para cada uno de los tiempos de secado:

Situación experimental	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min	6 min	Promedio
30 cm-T alta-alta veloc.aire	-0,0767	-0,0583	-0,0556	-0,0475	-0,0413	-0,0361	-0,0526
Grado incertidumbre	0,2293	0,1143	0,0877	0,0960	0,0942	0,0954	0,1195
30 cm-T media-alta veloc.aire	-0,0500	-0,0433	-0,0378	-0,0342	-0,0313	-0,0306	-0,0379
Grado incertidumbre	0,0245	0,0000	0,0216	0,0269	0,0391	0,0732	0,0309
30 cm-T baja-alta veloc.aire	-0,0233	-0,0233	-0,0244	-0,0225	-0,0220	-0,0211	-0,0228
Grado incertidumbre	0,2490	0,2926	0,2531	0,2457	0,2242	0,2226	0,2478
30 cm-T alta-baja veloc.aire	-0,0433	-0,0367	-0,0267	-0,0242	-0,0213	-0,0206	-0,0288
Grado incertidumbre	0,2421	0,2531	0,2068	0,2078	0,1999	0,2016	0,2185
30 cm-T media-baja veloc.aire	-0,0267	-0,0233	-0,0244	-0,0242	-0,0227	-0,0222	-0,0239
Grado incertidumbre	0,0913	0,1544	0,1317	0,1372	0,1280	0,0550	0,1163
30 cm-T baja-baja veloc.aire	-0,0167	-0,0133	-0,0144	-0,0150	-0,0153	-0,0156	-0,0151
Grado incertidumbre	0,0732	0,0913	0,1391	0,1599	0,1415	0,1295	0,1224
60 cm-T alta-alta veloc.aire	-0,0367	-0,0400	-0,0389	-0,0342	-0,0300	-0,0261	-0,0343
Grado incertidumbre	0,1634	0,0913	0,0938	0,0803	0,0732	0,0701	0,0953
60 cm-T media-alta veloc.aire	-0,0133	-0,0217	-0,0256	-0,0250	-0,0247	-0,0233	-0,0223
Grado incertidumbre	0,1789	0,0283	0,0160	0,0000	0,0298	0,0175	0,0451
60 cm-T baja-alta veloc.aire	-0,0333	-0,0217	-0,0189	-0,0183	-0,0187	-0,0189	-0,0216
Grado incertidumbre	0,0000	0,0283	0,0216	0,0000	0,0262	0,0432	0,0199
60 cm-T alta-baja veloc.aire	-0,0100	-0,0100	-0,0144	-0,0150	-0,0153	-0,0144	-0,0132
Grado incertidumbre	0,1210	0,1210	0,1391	0,1210	0,1107	0,0843	0,1162
60 cm-T media-baja veloc.aire	-0,0133	-0,0133	-0,0122	-0,0125	-0,0153	-0,0167	-0,0139
Grado incertidumbre	0,1789	0,1789	0,2242	0,2550	0,2293	0,1675	0,2056
60 cm-T baja-baja veloc.aire	-0,0100	-0,0100	-0,0111	-0,0125	-0,0127	-0,0139	-0,0117
Grado incertidumbre	0,1210	0,0000	0,0732	0,0245	0,0193	0,0147	0,0421
90 cm-T alta-alta veloc.aire	-0,0067	-0,0050	-0,0078	-0,0092	-0,0120	-0,0133	-0,0090
Grado incertidumbre	0,0000	0,1210	0,1544	0,1634	0,1976	0,2068	0,1405
90 cm-T media-alta veloc.aire	-0,0033	-0,0050	-0,0067	-0,0067	-0,0080	-0,0089	-0,0064
Grado incertidumbre	0,3333	0,1210	0,2339	0,1789	0,1210	0,0913	0,1799

90 cm-T baja-alta veloc.aire	-0,0100	-0,0067	-0,0067	-0,0067	-0,0073	-0,0078	-0,0075
Grado incertidumbre	0,1210	0,1789	0,2339	0,1789	0,1634	0,1544	0,1718
90 cm-T alta-baja veloc.aire	-0,0100	-0,0067	-0,0056	-0,0067	-0,0067	-0,0078	-0,0072
Grado incertidumbre	0,1210	0,1789	0,0732	0,0913	0,1445	0,1041	0,1188
90 cm-T media-baja veloc.aire	-0,0100	-0,0100	-0,0089	-0,0108	-0,0100	-0,0100	-0,0100
Grado incertidumbre	0,1210	0,1210	0,0913	0,0843	0,0732	0,0408	0,0886
90 cm-T baja-baja veloc.aire	-0,0100	-0,0100	-0,0111	-0,0108	-0,0107	-0,0111	-0,0106
Grado incertidumbre	0,1210	0,0000	0,0000	0,0843	0,0913	0,0732	0,0616
Promedios	-0,0224	-0,0199	-0,0195	-0,0187	-0,0181	-0,0177	-0,0194
Grado incertidumbre promedio	0,1383	0,1152	0,1219	0,1186	0,1170	0,1025	0,1189

Como puede apreciarse todos los valores de "a" (en rojo, en la tabla) son negativos, con relativamente pequeños grados de incertidumbre (el promedio de todos los promedios supone una incertidumbre del 11,89 %), lo que nos indica la fuerte relación negativa existente entre las variable, tal como se afirma en nuestra hipótesis.

Una gráfica de la regresión nos permitirá una mejor visualización de lo indicado en el anterior párrafo. La gráfica corresponde a la regresión para la situación experimental 30 cm-T alta-alta velocidad de aire y para 1 minuto, con una pendiente de -0,0767 y un grado de incertidumbre de 0,2293, pero puede servir de ejemplo porque es semejante para todos los casos.



Puede apreciarse la pendiente negativa, lo que nos indica que al aumentar la concentración disminuye la cantidad de humedad eliminada y el buen ajuste de los datos a la recta de regresión.

Un detalle que conviene comentar es que si miramos los promedios para los distintos tiempos de secado vemos la progresiva disminución del valor de "a" conforme aumenta el tiempo de secado, indicando que la disminución de agua eliminada por aumento de la concentración es mayor cuanto menores son los tiempos de secado y disminuye al aumentar el tiempo de secado. En cuanto a los promedios en las distintas situaciones experimentales es más variable, no pudiéndose destacar ninguna relación apreciable.

Cálculos para la comprobación de la tercera hipótesis: "La cantidad de agua evaporada en el secado de la ropa húmeda es directamente proporcional a la velocidad del viento que choca contra la ropa"

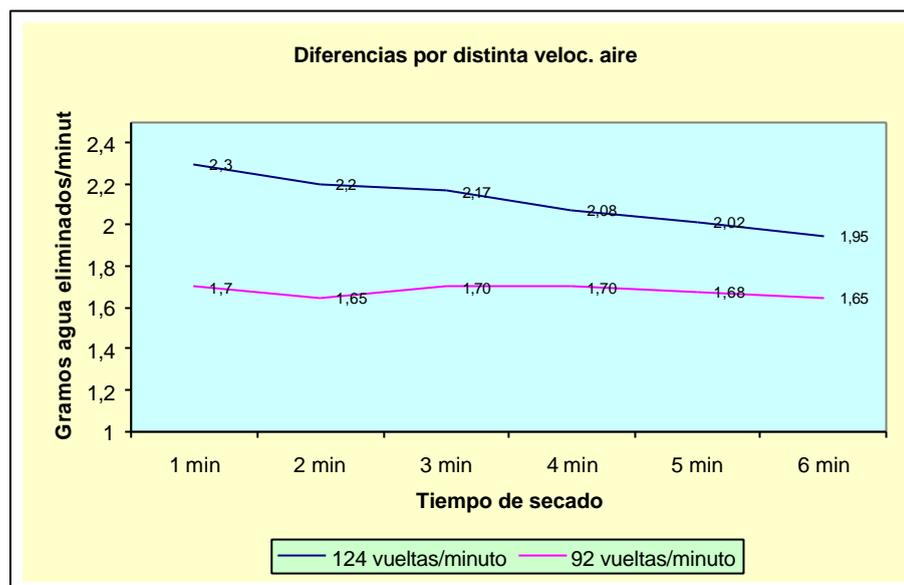
El problema que se presenta en estos cálculos, es que lo único comparable para la comprobación de nuestra hipótesis es el análisis de las diferencias en el secado para velocidades alta y baja de aire para la misma posición del secador y misma concentración de disolución y para temperatura ambiente, ya que si queremos comparar el efecto de la velocidad de llegada de aire para temperaturas medias o altas de salida, aunque sea la misma posición del secador, no sólo varía la velocidad de llegada de aire, también varía la temperatura, y lo mismo ocurre si queremos comparar el efecto de la distancia, ya que al variar la distancia no sólo cambia la velocidad de llegada del aire, también cambia la temperatura. Al no poder separar en estos casos el efecto de la temperatura y de la velocidad del viento, sólo serán adecuados para realizar comparaciones las parejas de datos que estando a la misma distancia y con la misma concentración de disolución y a la misma temperatura ambiente, se diferencien

exclusivamente por la velocidad de llegada del viento (Incluso para la misma distancia y misma concentración de disolución puede haber pequeñas diferencias de temperatura por variar la temperatura ambiente del día que se realizó el experimento, pero el efecto es pequeño como se indicó anteriormente)

Los únicos datos a comparar, correspondientes a temperatura baja (es decir, temperatura ambiente) y para las distintas situaciones experimentales, aparecen en la siguiente tabla, en donde la velocidad del viento se mide en vueltas/minuto:

Situación experimental	Vueltas/min	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min	6 min
30 cm-agua destilada	124	2,3	2,2	2,17	2,08	2,02	1,95
	92	1,7	1,65	1,70	1,70	1,68	1,65
30 cm-dis.diluida	124	1,7	1,55	1,53	1,50	1,48	1,43
	92	1,4	1,4	1,40	1,38	1,36	1,33
30 cm-dis.concentrada	124	1,6	1,5	1,43	1,40	1,36	1,32
	92	1,2	1,25	1,27	1,25	1,22	1,18
60 cm-agua destilada	86	2,1	1,85	1,77	1,75	1,74	1,72
	64	1,4	1,45	1,47	1,48	1,46	1,47
60 cm-dis.diluida	86	1,6	1,55	1,50	1,48	1,48	1,47
	64	1,3	1,3	1,27	1,28	1,28	1,27
60 cm-dis.concentrada	86	1,1	1,2	1,20	1,20	1,18	1,15
	64	1,1	1,15	1,13	1,10	1,08	1,05
90 cm-agua destilada	40	1,4	1,35	1,33	1,35	1,36	1,37
	31	1,3	1,35	1,30	1,30	1,26	1,25
90 cm-dis.diluida	40	1,3	1,3	1,30	1,30	1,3	1,30
	31	1,2	1,2	1,13	1,10	1,06	1,05
90 cm-dis.concentrada	40	1,1	1,15	1,13	1,15	1,14	1,13
	31	1	1,05	0,97	0,98	0,94	0,92

Una primera visualización de las diferencias en secado para los distintos minutos podemos realizarla en gráficas como la del ejemplo siguiente correspondiente a la situación experimental 30 cm-agua destilada en donde puede apreciarse las diferencias en los gramos eliminados de agua por minuto para las 2 velocidades de llegada de aire (gráficas semejantes se obtendrían para todas las otras situaciones experimentales):



Independientemente de la visualización anterior, a partir de los datos de la tabla, para cada situación experimental y para cada tiempo de secado se harán comparaciones por parejas en cada situación experimental, realizando el cálculo de la humedad perdida por cada vuelta de aumento de velocidad, es decir, algo parecido a la constante "a" de la recta de regresión, pero que no tiene sentido hacerlo tan complicado al ser sólo con 2 datos. Basta con realizar la división entre la diferencia de gramos secados y la diferencia de velocidad de aire. Los resultados han sido:

Situación experimental	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min	6 min	Promedio
30 cm-agua destilada	0,0188	0,0172	0,0146	0,0117	0,0106	0,0094	0,0137
30 cm-dis.diluida	0,0094	0,0047	0,0042	0,0039	0,0038	0,0031	0,0048
30 cm-dis.concentrada	0,0125	0,0078	0,0052	0,0047	0,0044	0,0042	0,0065
60 cm-agua destilada	0,0318	0,0182	0,0136	0,0125	0,0127	0,0114	0,0167
60 cm-dis.diluida	0,0136	0,0114	0,0106	0,0091	0,0091	0,0091	0,0105
60 cm-dis.concentrada	0,0000	0,0023	0,0030	0,0045	0,0045	0,0045	0,0032
90 cm-agua destilada	0,0111	0,0000	0,0037	0,0056	0,0111	0,0130	0,0074
90 cm-dis.diluida	0,0111	0,0111	0,0185	0,0222	0,0267	0,0278	0,0196
90 cm-dis.concentrada	0,0111	0,0111	0,0185	0,0194	0,0222	0,0241	0,0177
Promedio	0,0133	0,0093	0,0102	0,0104	0,0117	0,0118	0,0111

Todos los valores son positivos excepto 2 que son nulos (seguramente influye la pequeña distorsión de la posible diferencia en la temperatura ambiente, junto que los valores son tan pequeños que no se puede discriminar suficientemente con una balanza

que pesa hasta décimas de gramo), con todos los promedios positivos tanto en lo referente a situaciones experimentales como a distintos tiempos de secado. Todo esto no hace más que confirmar la relación positiva entre velocidad de llegada de aire y cantidad de humedad eliminada por minuto que se afirma en nuestra hipótesis.

Conviene destacar algún detalle como que la mayor eficacia de secado (medida por humedad eliminada por minuto por cada unidad de velocidad de viento) corresponde a la situación experimental 60 cm-agua destilada para un tiempo de secado de 1 minuto, y la misma situación le corresponde si miramos los promedios.

VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DE LA VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

El diseño ha sido adecuado para la verificación de las hipótesis. En todo caso, la verificación de la tercera hipótesis, que afirma la relación positiva entre agua eliminada y velocidad del viento que llega al pañuelo, ha tenido un diseño un poco más pobre, pudiéndose realizar cálculos con las debidas garantías exclusivamente a temperatura ambiente. Quizás hubiera sido deseable realizar también cálculos para otras temperaturas que confirmaran también la hipótesis en todo tipo de situaciones.

La experimentación se realizó convenientemente, pensamos que con el debido rigor, disponiendo del instrumental adecuado y suficiente y realizando las operaciones tomando todo tipo de precauciones (como esperar siempre el mismo tiempo de 1 minuto y medio entre pesada y pesada, lavar el pañuelo antes de iniciar cada serie de pesadas cuando se mojaba el pañuelo con disolución salina, etc.). Creemos que la balanza electrónica, con una sensibilidad de 0,1 gramos, además de precisa ha permitido la realización de un gran número de pesadas, cosa que hubiera sido casi imposible con balanzas de tipo tradicional. Lo que no se ha podido controlar han sido las condiciones

ambientales, que hubiera sido deseable fueran las mismas en todos los días de experimentación, pero creemos (como ya se ha comentado) que el efecto habrá sido mínimo ya que estas condiciones ambientales variaron mínimamente al no tener calefacción el laboratorio.

En cuanto a la valoración de si se confirman o no las hipótesis, los resultados son abrumadores a favor de la confirmación de las 3 hipótesis:

- En la primera hipótesis, tanto las correlaciones positivas en todos los casos, con un promedio de promedios de $+0,9922$ (cercano a $+1$), como las pendientes positivas de todas las regresiones, con grados de incertidumbre promedio de tan solo $6,04\%$, nos permiten afirmar con rotundidad que la hipótesis se confirma, es decir, que la **existencia de una proporcionalidad directa entre temperatura y cantidad de agua eliminada en el secado** es verdadera
- En la segunda hipótesis, tanto las correlaciones negativas en todos los casos, con un promedio de promedios de $-0,9755$ (cercano a -1), como las pendientes negativas de todas las regresiones, con una incertidumbre promedio del $11,89\%$, nos permiten afirmar que la hipótesis se confirma, es decir, que, aunque con algo menos de rotundidad que en la anterior hipótesis, podemos confirmar la **existencia de proporcionalidad inversa entre concentración de la disolución y la cantidad de agua eliminada en el secado**.
- En la tercera hipótesis, los datos de cantidad de agua eliminada por minuto por cada vuelta de velocidad de aire, en todos los casos positivos (sólo 2 casos es nulo), permiten afirmar, aunque con algo menos de rotundidad (también por la mayor limitación de los cálculos realizados), la **existencia de**

proporcionalidad directa entre velocidad del aire que choca contra el pañuelo y cantidad de agua eliminada en el secado

Todo esto no hace sino confirmar también la teoría cinética en la que basamos nuestra argumentación inicial.

PROPUESTA DE NUEVAS INVESTIGACIONES

Ya se ha comentado la posibilidad de investigar el efecto de la humedad del aire que seca el pañuelo sobre la cantidad de agua eliminada que, incluso, llegamos a diseñar (recuérdese que la idea surgió como consecuencia de la queja de una madre que no secaba la ropa de casa porque había mucha humedad ambiental y frío). El diseño consistía básicamente en la colocación entre el pañuelo y el secador de un recipiente con agua en ebullición calentada por un mechero del laboratorio y su comparación con una situación semejante pero sin el recipiente de agua hirviendo.

Otra investigación que podría montarse es la derivada de lo observado en nuestra investigación de que la cantidad de humedad eliminada no sólo depende de factores como la temperatura, la velocidad del viento o la humedad ambiental, también depende de la cantidad de agua que moja el pañuelo. En este sentido, podría diseñarse una investigación que evaluara este factor más específicamente, colocando pañuelos con distinta humedad y midiendo en distintas situaciones experimentales la cantidad secada.

También hemos sentido la tentación de realizar algún cálculo que nos determinara la rentabilidad económica del secado. Dado que el secador gasta una energía determinada según las distintas posiciones de funcionamiento, relacionándolo con las cantidades de agua eliminadas se podría calcular esta rentabilidad. Como no posemos suficientes datos para su cálculo, hemos desistido, pero podría montarse una

investigación, con el diseño adecuado para poder realizar los cálculos de rentabilidad económica adecuadamente.

Para dar mayor generalidad a lo investigado por nosotros podrían diseñarse investigaciones semejantes con otras disposiciones experimentales, otros secadores más potentes, otros tipos de tejido, con otras superficie a secar, etc.

LO MEJOR Y LO PEOR DE LA INVESTIGACIÓN

Nuestro profesor quiere que pongamos, para finalizar, lo que nos ha parecido todo el trabajo de investigación, que expliquemos que es lo que nos ha parecido mejor y que es lo que nos ha parecido peor.

Sin lugar a dudas lo mejor de la investigación ha sido el periodo en el que estuvimos realizando las pruebas experimentales. Fue divertido la realización de las pruebas y emocionante comprobar como iban obteniéndose los datos de acuerdo a lo que estaba previsto por nuestras hipótesis. Además durante ese periodo el trabajo fue relativamente menor, no llevándonos trabajo a casa.

Otro aspecto muy positivo de este trabajo es que hemos aprendido un montón. Especialmente en los periodos iniciales, en el que nos dimos cuenta como tenía que trabajar un científico (después de realizar esta investigación, tenemos que reconocer que la primera investigación que realizamos como ejercicio de clase era muy mala) y, especialmente, durante la redacción del informe experimental en el que hubo que aprender muchas cosas de informática (siempre muy interesante), ya que aunque alguno habíamos dado algún curso para aprender como se trabaja con Excel, nunca podíamos pensar que tuviera tanta utilidad y, también a redactar y a expresar todo con una exactitud que hubiera sido impensable meses atrás.

Lo peor, también sin duda, ha sido la redacción del informe experimental (no tanto la realización de cálculos en Excel). Nuestro profesor, sobre todo al principio, fue muy duro. Todo trabajo que hacíamos nos lo echaba abajo, porque "tenía que entenderlo nuestro hermano el pequeño" (la de veces que lo ha dicho) y, aunque al final estamos orgullosos del trabajo realizado, fue realmente duro, con tareas no sólo durante la semana en el colegio, sino también durante los fines de semana en casa. Nos dimos

cuenta que investigar no es sólo realizar experimentos y pensar en cómo realizar esto o aquello, también lleva un tremendo trabajo de escritura para comunicar lo que se ha investigado.

Otro aspecto, positivo en este caso, que nos gustaría destacar es que no sólo hemos aprendido a trabajar juntos y coordinados los componentes del grupo (cosa que dice nuestro profesor es muy importante en investigación), también nos hemos hecho amigos. Ante éramos conocidos, pero después de tanto trabajar en grupo muchos fines de semana, ahora salimos y nos divertimos juntos.

APÉNDICE 1**EJEMPLO DE CÁLCULO DE CORRELACIONES TEMPERATURA-PROMEDIO
SECADO PARA LA SITUACIÓN EXPERIMENTAL AGUA DESTILADA-30 cm-
ALTA VELOCIDAD DE AIRE**

Los datos para el cálculo en este caso son:

°C	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min	6 min
41	5,9	4,9	4,47	4,00	3,6	3,22
30	3,7	3,5	3,30	3,08	2,9	2,77
17	2,3	2,2	2,17	2,08	2,02	1,95

y el resultado para las correlaciones, tal como sale en Excel es el siguiente:

	°C	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min	6 min
°C	1						
1 min	0,9846082	1					
2 min	0,99758893	0,99436365	1				
3 min	0,99840754	0,99289984	0,99991533	1			
4 min	0,99967272	0,98875713	0,99903785	0,99952394	1		
5 min	0,99984505	0,98137903	0,99621271	0,9972598	0,9990675	1	
6 min	0,99310226	0,95732387	0,98257061	0,98490631	0,98977768	0,99501237	1

Los datos de interés son los de la columna °C, que son las correlaciones entre la temperatura y las cantidades promedio de agua eliminada, para cada uno de los minutos de duración del secado en la situación experimental indicada (como puede apreciarse todos positivos y cercanos a 1)

Este mismo cálculo se realizó para cada una de las 18 situaciones experimentales

APÉNDICE 2**EJEMPLO DE CÁLCULO DE REGRESIÓN TEMPERATURA-PROMEDIO
SECADO PARA LA SITUACIÓN EXPERIMENTAL AGUA DESTILADA-30 cm-
ALTA VELOCIDAD DE AIRE Y 1 MINUTO DE SECADO**

Los datos para el cálculo en este caso son:

°C	1 min
41	5,9
30	3,7
17	2,3

Y los resultados que salen en Excel son:

Estadísticas de la regresión						
Coeficiente de correlación múltiple	0,984608197					
Coeficiente de determinación R ²	0,969453301					
R ² ajustado	0,938906602					
Error típico	0,44855426					
Observaciones	3					
ANÁLISIS DE VARIANZA						
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F	
Regresión	1	6,385465743	6,385465743	31,73676155	0,111840345	
Residuos	1	0,201200924	0,201200924			
Total	2	6,586666667				
	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	-0,396073903	0,816576707	-0,485041882	0,712496357	-10,77162028	9,979472471
°C	0,148729792	0,026400774	5,63353899	0,111840345	-0,186722416	0,484182

Los datos en negrita son los que se han utilizado en los cálculos para la verificación de la hipótesis

Este mismo cálculo se realizó para las 18 situaciones experimentales, en cada uno de los 6 minutos de secado, es decir, $18 \times 6 = 108$ veces

APÉNDICE 3**EJEMPLO DE CÁLCULO DE CORRELACIONES CONCENTRACIÓN
DISOLUCIÓN-PROMEDIO SECADO PARA LA SITUACIÓN EXPERIMENTAL
30 cm-TEMPERATURA ALTA-ALTA VELOCIDAD DE AIRE**

Los datos para el cálculo en este caso son:

Concentración	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min	6 min
0	5,9	4,9	4,47	4,00	3,6	3,22
15	4	3,75	3,43	3,10	2,82	2,53
30	3,6	3,15	2,80	2,58	2,36	2,13

y el resultado para las correlaciones, tal como sale en Excel es el siguiente:

	Concentrac.	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min	6 min
Concentrac.	1						
1 min	-0,9358567	1					
2 min	-0,9839331	0,9837336	1				
3 min	-0,9905360	0,97536505	0,99912598	1			
4 min	-0,9886540	0,97816981	0,99958764	0,99991428	1		
5 min	-0,9890819	0,9775682	0,99950094	0,99994779	0,99999587	1	
6 min	-0,9887909	0,97797946	0,99956098	0,99992583	0,99999958	0,99999808	1

Los datos de interés son los de la columna "concentración", que son las correlaciones entre las concentraciones y las cantidades promedio de agua eliminada, para cada uno de los minutos de duración del secado en la situación experimental indicada (como puede apreciarse todos negativos y cercanos a -1)

Este mismo cálculo se realizó para las 18 situaciones experimentales

APÉNDICE 4**EJEMPLO DE CÁLCULO DE REGRESIÓN CONCENTRACIÓN-PROMEDIO
SECADO PARA LA SITUACIÓN EXPERIMENTAL 30 cm-TEMPERATURA
ALTA-ALTA VELOCIDAD DE AIRE Y 1 MINUTO DE SECADO**

Los datos para el cálculo en este caso son:

Concentración	1 min
0	5,9
15	4
30	3,6

y el resultado que sale en Excel es:

Estadísticas de la regresión						
Coefficiente de correlación múltiple	0,935856728					
Coefficiente de determinación R ²	0,875827815					
R ² ajustado	0,751655629					
Error típico	0,612372436					
Observaciones	3					
ANÁLISIS DE VARIANZA						
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F	
Regresión	1	2,645	2,645	7,053333333	0,229255568	
Residuos	1	0,375	0,375			
Total	2	3,02				
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	5,65	0,559016994	10,10702726	0,062783498	-1,452953951	12,75295395
Concentración	-0,07666667	0,028867513	-2,655811238	0,229255568	-0,443461631	0,290128298

Los datos en negrita son los que se han utilizado en los cálculos para la verificación de la hipótesis.

Este mismo cálculo se realizó para las 18 situaciones experimentales, en cada uno de los 6 minutos de secado, es decir, $18 \times 6 = 108$ veces.



Vileviciosa de Odon
28670 Madrid
Teléfono: 34 91 211 52 00
Fax: 34 91 616 82 65
www.uem.es

De conformidad al acuerdo suscrito entre el "Colegio San Viator" y la "Universidad Europea de Madrid" para la colaboración en el "*VIII Premio San Viator de Investigación en Ciencias y Humanidades*", la Universidad Europea de Madrid otorga el Primer Premio Nivel 2 del Área de Ciencias, consistente en un ordenador portátil, a:

D. JUAN JOSÉ PORTERO NERVIÓN

Profesor Orientador del Colegio O.D. Santo Domingo de Silos de Zaragoza, por su aportación a la alta calidad investigadora del trabajo:

"El secado de la ropa: influencia de la temperatura, velocidad del viento y de la dureza del agua"

y le hace llegar su más sincera enhorabuena.

Asímismo la Universidad Europea de Madrid felicita a los alumnos de 3º de ESO, **D^a. Eva Pascual Collados**, **D. Christian Prades Martínez** y **D^a. Yesenia Rubio Cazo**, por el Premio obtenido.

Yolanda Martín Sánchez- Cantalejo
Vicerrectora de Investigación y Tercer Ciclo