

NIVEL DE APROPIACIÓN DE LA IDEA DE DISCONTINUIDAD DE LA MATERIA EN ALUMNOS DE BACHILLERATO. IMPLICACIONES DIDÁCTICAS

GENTIL GONZÁLEZ, C.⁽¹⁾, IGLESIAS BLANCO, A.⁽²⁾, OLIVA MARTÍNEZ, J.M.⁽³⁾

(1) Centro de Profesores de Cádiz

(2) I.B. Isla de León. San Fernando. Cádiz

(3) Wenceslao Benítez. San Fernando. Cádiz

SUMMARY

In this paper we will try show how those pupils starting Secondary Education have scarcely assumed the discontinuous nature of matter and little progress about it is noticed at the end of their studies.

1. INTRODUCCIÓN

Diversos autores (Martinand 1986, Rosado 1986) han resaltado ya la importancia inherente a los procesos de aprendizaje que implican el uso de modelos científicos por parte de los alumnos. Concretamente, en el campo particular de la Química adquiere especial relevancia el estudio de la estructura interna de la materia y de la naturaleza de las reacciones químicas mediante la utilización de un modelo atómico. Bajo un enfoque constructivista, la enseñanza se concibe como un proceso de reestructuración de los esquemas conceptuales previos (Driver 1986), y es por ello por lo que resulta de sumo interés conocer las ideas que poseen los alumnos que comienzan la Química en el bachillerato (15-17 años) acerca de la estructura interna de la materia con el fin de adoptar estrategias concretas en clase que posibiliten un aprendizaje significativo del carácter discontinuo de la materia.

La investigación realizada, tanto dentro (Enciso, Llorens y Sendra 1987, Furió y Hernández 1983, Llorens 1987) como fuera de nuestras fronteras (Novick y Nussbaum 1978, 1981; Mitchell y Kellington 1982; Driver 1983; Brook et al. 1984; Anderson 1984) con alumnos de estas edades parece haberse centrado, fundamentalmente, en la detección de las ideas alternativas que usan los estudiantes cuando son instados a interpretar fenómenos físicos y químicos en términos de un modelo corpuscular. Este tipo de ideas parece girar en torno a una escasa noción de la existencia de vacío entre partículas, un rechazo a la idea de interacción entre las mismas, una imagen molecular estática y una tendencia

a transmitir a las partículas las propiedades y atributos del mundo macroscópico, dando lugar a explicaciones tales como que las partículas mismas cambian de estado, se dilatan, etc.

Como resultado de estos estudios, se ha podido poner de manifiesto que, en general, los adolescentes tienen una imagen de la materia como si de algo continuo se tratase, lo cual no debiera extrañarnos si tenemos en cuenta que incluso históricamente la ruptura definitiva con la visión aristotélica de la materia no se produjo hasta épocas bastante recientes.

Mediante la presente investigación se pretende comprobar hasta qué punto los alumnos que comienzan el bachillerato en nuestro país tienen asumida la discontinuidad de la materia, y en qué medida la enseñanza recibida durante 2º, 3º de BUP y COU contribuye a mejorar esta situación. En forma operativa estos objetivos se pueden concretar a través de los siguientes interrogantes:

— Hasta qué punto los alumnos utilizan espontáneamente un modelo corpuscular a la hora de interpretar fenómenos físicos cotidianos?

— ¿Con qué consistencia emplean los alumnos un modelo corpuscular a la hora de interpretar o predecir diversos fenómenos similares?

— Hasta qué punto los alumnos tienden a utilizar un modelo corpuscular a la hora de predecir el resultado

de un fenómeno como es la conservación de la masa en un proceso físico?

— Qué diferencias pueden observarse entre los alumnos que comienzan y finalizan la enseñanza media?

2. DISEÑO EXPERIMENTAL

El cuestionario empleado (ver anexo) constaba de 12 ítems de respuesta abierta, una de las cuales fue desglosada en dos subapartados (6A y 6B). A través del mismo, los alumnos fueron instados a realizar interpretaciones o predicciones, según el caso, acerca de diversos fenómenos físicos, algunos de ellos íntimamente relacionados con las experiencias cotidianas. En ningún caso se orientó a los chicos acerca del modelo que deberían utilizar en sus explicaciones.

El cuestionario se administró a principios de Febrero del curso 87-88 a una muestra formada por 154 alumnos/as (105 de 2º de BUP y 49 de COU), procedentes de los dos institutos públicos de San Fernando (Cádiz). Los alumnos de 2º no habían recibido aún enseñanza de Química durante el bachillerato, mientras que los de COU habían estudiado ya algunos de los primeros temas correspondientes al programa oficial de dicho curso.

Las respuestas dadas por los chicos se analizaron bajo dos puntos de vistas. Por un lado, se clasificaron según los tipos de respuestas y explicaciones empleadas, y por otro, se contabilizó el número total de explicaciones realizadas a nivel microscópico, considerando como tales todas aquéllas que incluían de forma explícita términos tales como partículas, moléculas, átomo, ión, enlace, etc.

La validez de los ítems, o capacidad para discernir entre alumnos atomistas y no atomistas, se midió a través del índice de validez o discriminación Id (Sampasual 1982), considerando la muestra de una forma global (N = 154).

Para calcular correlaciones entre ítems se determinó el coeficiente de correlación phi (ϕ), equivalente al producto-momento de Pearson, pero adaptado a casos en los que los datos estadísticos presentan dicotomías (Garrett 1983). Dichos coeficientes se obtuvieron a partir de las tablas de contingencia correspondientes.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Utilización explícita de la idea de discontinuidad

La Tabla I recoge los porcentajes de alumnos que utilizaban abierta y explícitamente un modelo corpuscular durante las explicaciones empleadas en cada una de las cuestiones. No se ha tenido en cuenta en los cálculos si las explicaciones eran correctas o no, ya que es-

tos valores trataban únicamente de determinar la importancia que los chicos atribuían a la utilización expresa de la idea de discontinuidad a la hora de interpretar un fenómeno físico, lo cual se ha considerado como una medida indirecta del grado de apropiación de dicha idea.

Se observa, en general, una escasa tendencia en los alumnos de 2º a utilizar explicaciones de tipo microscópico, si bien se aprecian notables diferencias de unos casos a otros según el contenido de cada cuestión. En muchos casos, incluso, los chicos daban interpretaciones atomistas que diferían notablemente de aquéllas que pueden considerarse como aceptables dentro del contexto escolar.

Cuando se analizan los resultados correspondientes a los individuos de COU se aprecia una escasa mejora, constatándose diferencias significativas tan sólo en tres de las cuestiones propuestas (cuestión 5 $p < 0.01$, cuestiones 7 y 11 $p < 0.001$).

A continuación, se hace especial referencia a las cuestiones 1, 5, 6A, 8, 9, y 11, ya que es en estos casos donde, como puede apreciarse (Tabla I), los índices de discriminación alcanzan valores más altos.

Tabla I
% Explicaciones atomistas.

CUESTION Nº	2º BUP (N= 105)	COU (N=49)	Id
1	28.	32.	0.55
2	15	26	0.33
3	5	16	0.14
4	15	18	0.23
5	16	46.	0.51
6A	52	69	0.59
6B	15	28	0.39
7	22	65	0.43
8	22	38	0.53
9	34	44	0.57
10	9	18	0.27
11	35	73	0.67
12	17	34	0.47

3.2. Consistencia en el uso de la idea de discontinuidad

La Tabla II nos muestra los coeficientes de correlación (ϕ) inter-ítems calculados para diversas parejas de cuestiones. Estos valores se han utilizado como una medida de la consistencia en el uso del modelo a través de diferentes contextos, de forma similar a como ya lo han hecho otros autores (Engel Clough y Driver 1986) en otros campos diferentes, como el de la herencia o el de la presión en líquidos.

Los resultados parecen indicarnos que, tanto en 2º como en COU, los alumnos son escasamente consistentes en el uso de la idea de discontinuidad, con coeficientes de correlación, que si bien es verdad que llegan a ser significativos ($p < 0.01$) en la mitad de los casos,

Tabla IIa: Alumnos de 2°
Consistencia en el uso de la idea de discontinuidad.

#	1	5	6A	8	9	11
1	1	0.06	0.26	0.30	0.16	0.37
5		1	0.21	0.19	0.28	0.27
6A			1	0.20	0.24	0.30
8				1	0.37	0.21
9					1	0.13
11						1

Tabla IIb: Alumnos de COU

#	1	5	6A	8	9	11
1	1	0.12	0.36	-0.11	0.07	-0.08
5		1	0.35	0.09	0.03	-0.09
6A			1	-0.02	0.24	-0.10
8				1	0.29	0.28
9					1	0.17
11						1

alcanzan valores muy pequeños, inferiores en todos ellos a 0.4. Para perfilar mejor la situación en la que nos estamos moviendo, se ha representado, a modo de ejemplo, las tablas de contingencias correspondientes a las cuestiones 8 y 9, ya que era éste uno de los casos en el que los alumnos parecían mostrar mayor consistencia en sus respuestas (Tabla III). Como se puede apreciar, solo un escaso porcentaje de los sujetos (37% en 2°, y 41% en COU) que usaban la idea de discontinuidad en alguna de las dos cuestiones, lo hacían en ambas simultáneamente.

Tabla III

Tablas de contingencia relativas a la utilización explícita de un modelo corpuscular durante las explicaciones.

		CUESTION Nº 8		
		No atomistas	Atomistas	
CUESTION Nº 9	Atomistas	19 (20)	15 (25)	34 (45)
	No atomistas	58 (41)	8 (14)	66 (55)
		77 (61)	23 (39)	100

Los datos entre paréntesis corresponden a los alumnos de COU.

3.3. Nivel de aceptación de la conservación de la masa

A través de las cuestiones 2, 4, 9 y 11, se trató de determinar hasta qué punto y con qué consistencia los alumnos eran capaces de predecir la conservación de la masa en un fenómeno físico, así como la importancia que los chicos atribuían a la utilización de un modelo corpuscular a la hora de realizar sus predicciones.

Los resultados que aparecen en la Tabla IV nos indican que muy pocos de los alumnos de 2° utilizaban en

Tabla IV

Interacción entre el grado de apropiación de la idea de discontinuidad y el nivel de aceptación de la conservación de la masa.

CUESTION Nº	% Alumnos atomistas	% Alumnos conservativos	#
2	15 (26)	16 (53)	-0.06 (0.10)
4	15 (18)	26 (59)	-0.02 (0.28)
9	34 (44)	18 (75)	0.10 (0.13)
11	35 (75)	44 (81)	0.13 (0.07)
	25 (745)	26 (27)	

Los datos entre paréntesis corresponden a los alumnos de COU.

sus respuestas la idea de conservación, sobre todo si en el fenómeno al que se hacía referencia se veían involucrados gases. En estos casos, se ofrecían argumentos tales como «los gases calientes pesan menos», «los gases pesan menos que los líquidos» o «los gases no pesan». Resultados similares se han obtenido en otros trabajos realizados en España con alumnos valencianos (Furió y Hernández 1983, Furió, Hernández y Harris 1987), a través de los cuales se ha podido constatar que los adolescentes tienen una imagen de los gases como de algo inmaterial, incapaces de intervenir en procesos físicos y químicos.

A pesar de observarse diferencias significativas ($p < 0.01$) en los porcentajes correspondientes a los alumnos de COU, tampoco en este caso los resultados son todo lo buenos que sería deseable. Con mucha frecuencia, los estudiantes vuelven a sugerir las mismas argumentaciones erróneas que ofrecían los alumnos de 2°.

Tanto en uno como en otro caso, los estudiantes parecen mostrar, incluso, una escasa consistencia en sus respuestas (Tabla V), de forma que los diversos contextos en los que se mueven cada una de las cuestiones propuestas parecen sugerir a los estudiantes respuestas diferentes. Esto, sin duda, cuestiona la existencia en los sujetos de marcos conceptuales generales con los cuales interpretar fenómenos similares, lo que parece sugerir la idea de que los alumnos interpretan los fenómenos cotidianos al margen de las teorías, modelos y principios que se estudian en la escuela.

Tabla V

Consistencia en el uso de la idea de conservación.

\emptyset	2	4	9	11
2	1	0.14 (0.30) #	0.19 (0.41)	0.12 (-0.08)
4		1	0.33 (0.10)	0.10 (-0.08)
9			1	0.07 (-0.03)
11				1

Los datos entre paréntesis corresponden a los alumnos de COU.

Igualmente, la Tabla IV muestra de forma comparativa los porcentajes de alumnos atomistas junto con los porcentajes de alumnos conservativos, así como los correspondientes coeficientes de correlación (\emptyset), obtenidos en cada caso. Como puede apreciarse, a pesar de que la enseñanza recibida a lo largo del bachillerato contribuye a aumentar de forma sustancial, aunque no espectacularmente, el nivel de aceptación de la conservación, aporta muy poco a la adquisición de un modelo explicativo como es el modelo corpuscular de la materia. Los bajos coeficientes de correlación inter-ítems obtenidos en estos casos no hacen sino apoyar esta idea, ya que a nivel global, tanto en 2º como en COU, los sujetos parecen encontrar una escasa relación entre el tipo de respuesta que dan en cada pregunta y el modelo que utilizan durante la explicación.

A modo de ejemplo, para ilustrar este aspecto, se han recopilado en la Tabla VI algunas de las explicaciones más representativas dadas por los alumnos a lo largo de la cuestión 9. Como puede observarse, los estudiantes se pronuncian o no a favor de la conservación de la masa independientemente de si utilizan o no un modelo microscópico en sus razonamientos.

Tabla VI: Alumnos de 2º de BUP y de COU

		EXPLICACIÓN	
		NO MICROSCÓPICA	MICROSCÓPICA
RESPUESTA	CONSERVACION	<ul style="list-style-type: none"> - Si, si pero no ha variado, tan solo la densidad del perfume. - Si, porque la cantidad de colonia que tenemos sigue siendo la misma. 	<ul style="list-style-type: none"> - Si, porque los átomos se quedan en el frasco y pesan lo mismo. - Si, porque la cantidad de moléculas es la misma.
	NO CONSERVACION	<ul style="list-style-type: none"> - No, porque el vapor no pesa al no ser materia. - No, porque el vapor no pesa igual que los líquidos. - No, porque el perfume es más denso que el vapor. 	<ul style="list-style-type: none"> - No, porque las partículas de vapor pesan menos que las del líquido. - No, el líquido pesa más que el gas ya que los enlaces del gas son más débiles que los del líquido.

4. CONCLUSIONES

Tal como se ha tratado de mostrar, los alumnos que comienzan la Química en el bachillerato parecen tener escasamente asumida la discontinuidad de la materia, lo que se traduce en un reducido número de explicaciones sustentadas sobre un modelo corpuscular, así como un escaso grado de consistencia en las respuestas. Así, por ejemplo, muchos de los alumnos que parecen comportarse como atomistas en unas situaciones dadas, parecen no hacerlo en otras distintas.

Por otro lado, la enseñanza recibida a través de los cursos de 2º, 3º y COU parece contribuir muy escasamente a mejorar esta situación, observándose solo en algunos casos un aumento sustancial en la tendencia a utilizar un modelo microscópico durante las explicaciones. Todo esto parece sugerir que gran parte de los esfuerzos del profesorado que imparte Química durante el bachillerato debería centrarse en tratar de propiciar la construcción, por parte de los alumnos, de una auténtica representación discontinua de la materia, ya que gran parte de las dificultades con las que se enfrentan los alumnos en Química durante el bachillerato pudiera derivar de un escaso grado de comprensión, a nivel microscópico, de los fenómenos estudiados así como de las representaciones simbólicas utilizadas.

Tal proceso de asimilación se ve dificultado, si como denuncian algunos autores (Caamaño et al. 1983) se produce una aceptación de partida acrítica del carácter discontinuo de la materia, lo cual parece suceder en la práctica mucho más de lo que sería deseable. Por tanto, la introducción de estos conceptos debiera ir acompañada de un enfoque experimental que aportase a los alumnos una base empírica de apoyo para la construcción de una imagen discontinua de la materia. En este sentido, queremos salir al paso de aquellos enfoques que conciben el aprendizaje como un redescubrimiento autónomo por parte del alumno, mostrándonos más bien partidarios de aquellos enfoques que conciben el aprendizaje como un redescubrimiento orientado hacia un cambio conceptual y metodológico (Gil y Carrascosa 1985).

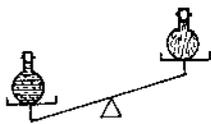
Por último, diremos que no hemos apreciado interacción alguna entre el uso de un modelo corpuscular y el nivel de aceptación de la conservación de la masa en un fenómeno físico. Esto se puede interpretar teniendo en cuenta el excesivo carácter operativo y mecánico que se suele atribuir a los principios, modelos y teorías científicas que se estudian en la escuela y que, prácticamente, solo son dotados de un valor cuantitativo a través de la resolución de problemas numéricos. Se desprende de esto, pues, que los cursos de bachillerato deberían contribuir más a dar una adecuada imagen cualitativa de la materia, huyendo del operativismo ciego de algunos tipos de cálculos numéricos en el que se suele incurrir con una cierta frecuencia en las clases de Química.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

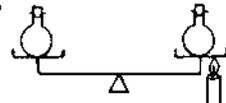
- ANDERSON, B., 1984. *Chemical reactions*. EKNA-report N° 12 (Department of Education and Educational Research. University of Goteborg).
- BROOK, A., BRIGGS, H. y DRIVER, R., 1984. *Aspects of secondary students' understanding of the particulate nature of matter. Children's Learning in Science Project*. (Centre for Studies in Science and Mathematics Education. University of Leeds).
- CAAMAÑO, A., MAYOS, C., MAESTRE, G. y VENTURA, T., 1983. Consideraciones sobre algunos errores conceptuales en el aprendizaje de la Química en el bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 1(3), pp. 198-201.
- DRIVER, R., 1986. Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 4(1), pp. 3-15.
- ENCISO, E., LLORENS, J.A. y SENDRA, F., 1987. La introducción al modelo corpuscular de la materia. Un estudio evolutivo. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. extra, pp. 183-184.
- ENGEL CLOUGH, E. y DRIVER, R., 1986. A study of consistency in the use of students' conceptual frameworks across different task contexts. *Science Education*, Vol. 70(4), pp. 473-496.
- FURIÓ, C. y HERNÁNDEZ, J., 1983. Ideas de los adolescentes de 11-15 años acerca de los gases. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 1(1), pp. 83-91.
- FURIÓ, C., HERNÁNDEZ, J. y HARRIS, H., 1987. Parallels between adolescents' conception of gases and history of chemistry. *Journal of Chemical Education*, Vol. 64(7), pp. 616-618.
- GARRET, H.E., 1983. *Estadística en psicología y educación* (Paidós: Barcelona).
- GIL, D. y CARRASCOSA, J., 1985. Science learning as a conceptual change and methodological change. *European Journal of Science Education*, Vol. 7(3), pp. 231-236.
- LLORENS, J.A., 1987. La concepción corpuscular de la materia en los alumnos que comienzan el estudio de la química en las enseñanzas medias, en Álvarez A. (comp.), *Psicología y educación. Realización y tendencias actuales en la investigación y en la práctica*. (MEC y Visor: Madrid).
- MARTINAND, J.L., 1986. Enseñanza y aprendizaje de la modelización. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 4(1), pp. 45-50.
- MITCHELL, A.C. y KELLINGTON, S.H., 1982. Learning difficulties associated with the particulate theory of matter in Scottish Integrated Science course. *European Journal of Science Education*, Vol. 4, pp. 429-440.
- NOVICK, S. y NUSSBAUM, J., 1978. Junior high school pupil's understanding of the particulate nature of matter: An interview study. *Science Education*, Vol. 62(3), pp. 273-282.
- NOVICK, S. y NUSSBAUM, J., 1981. Pupil's understanding of the particulate nature of matter: A cross-age study. *Science Education*, 65(2), pp. 187-196.
- ROSADO, L., 1986. *Modelos en los procesos de la ciencia y su contrastación*. (UNED: Madrid).
- SAMPASCUAL, G., 1982. *Las pruebas objetivas*. (Anaya: Madrid).

ANEXO

19) Tenemos dos recipientes iguales, uno lleno de agua líquida y otro de vapor de agua. Mediante una balanza observamos que el recipiente que contiene agua líquida es más pesado que el que contiene vapor. ¿Cómo es posible que dos volúmenes de la misma sustancia tengan distinto peso?



29) Colocamos a ambos lados de una balanza dos recipientes llenos de aire herméticamente cerrados. Inicialmente la balanza se encuentra equilibrada. Si mediante una vela calentamos el recipiente de la derecha, ¿se desnivelará la balanza?



Si..... No.....
Explica la contestación que has dado.

39) El recipiente de la izquierda esta lleno de un gas rojo (dióxido de carbono) que representaremos mediante ■

El de la derecha, está lleno de un gas incoloro (aire) que representaremos mediante □

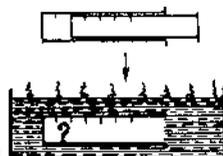


-Dibuja qué es lo que queda en los depósitos después de un rato de haber abierto la llave.

-Explica cómo y por qué tiene lugar el fenómeno.

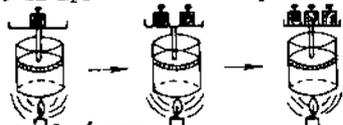
49) Imagina una jeringa de plástico con algo de aire en su interior y el orificio de salida tapado;

-Dibuja la posición aproximada del émbolo de la jeringa una vez que ésta se introduce en un baño de agua caliente.



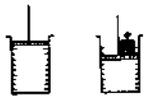
-¿Ha cambiado el peso del aire que contenía la jeringa?
-Explicar la respuesta.

59) En el depósito de la figura tenemos aire confinado mediante un émbolo sobre el que colocamos pesas para compensar la presión interior que hay en el recipiente. Mediante una llama calentamos el depósito observando que, a medida que transcurre el tiempo, debemos colocar sobre el émbolo un mayor número de pesas si queremos mantenerlo siempre en la misma posición.



-Explica este fenómeno.

69) La figura adjunta representa una jeringa llena de aire cuyo orificio de salida ha sido obstruido. Si añadimos pesas sobre el émbolo el aire se comprime.

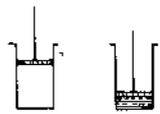


a) Explica a qué se debe la facilidad con que se comprime el aire.
b) ¿Que diferencias observaríamos si la jeringa estuviese llena de agua en lugar de aire?
Explica la respuesta.

79) ¿Crees que sería posible obtener agua líquida, en un recipiente cerrado, comprimiendo un poco de vapor de agua?

Si..... No.....

En caso afirmativo explicar cómo es posible que ocurra algo así. En caso negativo, explicar por qué.



89) Cuando destapas un frasco de perfume al cabo de cierto tiempo se nota su aroma. Si el perfume está en el tarrito y es un líquido, ¿cómo se percibe su presencia en toda la habitación?

¿Cómo explicas que el perfume líquido ocupe un volumen pequeño mientras su aroma parece llenar toda la habitación?



99) Tenemos un frasquito cerrado con un poco de perfume en su interior. Colocamos el frasquito en uno de los platillos de la balanza que equilibra colocando pesas en el otro platillo.

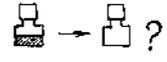


Calentamos luego el frasco cerrado y el perfume pasa a vapor. Al volver a colocarlo sobre la balanza, ¿permanecerá ésta equilibrada?

-Explicación.

Si..... No.....

-Dibuja en el gráfico adjunto cómo se distribuye en el tarro el vapor obtenido al calentar el perfume?



-Explicación.

109) Cuando termina el invierno las mujeres suelen colocar en los roperos, trajes y abrigos unas pastillas de una sustancia sólida (naftalina) para preservarla contra la polilla.

-Explicar los siguientes fenómenos que pueden observarse al respecto:

- El olor que emiten dichos sólidos.
- Al cabo de cierto tiempo se puede comprobar que las pastillas se ha reducido y cada vez pesan menos.

119) Sobre uno de los platillos de una balanza colocamos un poco de sal y un recipiente con agua. A continuación equilibramos la balanza colocando pesas en el otro platillo. Echamos la sal sobre el agua y a la vez agitamos, observando poco después que el agua tiene sabor salado y que sin embargo la sal no se ve.

-¿Seguirá la balanza equilibrada al final de la operación que hemos realizado?

Si..... No.....

-Explica detalladamente qué piensas que le ha ocurrido a la sal.

-Si la solución obtenida la filtramos, ¿seguirá teniendo sabor salado el líquido que se recoge?

Si..... No.....

129) ¿Cómo explicarías que líquidos distintos como el agua y el alcohol tengan distinta capacidad para evaporarse?