

# La tensión superficial de las emulsiones en relación con su eficacia insecticida

por

**Silverio Planes Garcia**

Estación de Fitopatología Agrícola, Burjasot (Valencia).

La mayoría, por no decir la totalidad, de los trabajos científicos sobre las características de los aceites y su empleo como insecticidas, se refieren a los aceites minerales derivados del petróleo.

Ello es lógico, si se tiene en cuenta la procedencia, generalmente norteamericana, de dichos estudios, pues la abundancia en el citado país de la materia prima (petróleo), justifica plenamente el uso de dichos aceites por su facilidad de adquisición y bajo precio, siendo hasta hace bien poco los únicos empleados en la preparación de emulsiones.

Los aceites vegetales y los de origen animal, aunque de composición química distinta a los minerales (ya que están constituidos por ésteres de la glicerina, generalmente de varios ácidos grasos), presentan, sin embargo, propiedades físicas muy parecidas a las de los aceites de origen mineral; lo que ha inducido a algunos experimentadores al ensayo de sus propiedades insecticidas.

Entre las propiedades físicas de los aceites de procedencia orgánica, descuellan por su importancia, en comparación con los aceites minerales: su escasa volatilidad y alta viscosidad, según puede observarse en el cuadro adjunto:

ACEITES VEGETALES Y ANIMALES	VISCOSIDAD Engler a 20°	ACEITES MINERALES	VISCOSIDAD Engler a 20°
Aceite de olivas.....	11/13°	Aceite de vaselina.....	2,8°
— de linaza.....	7,6°	— K. 1 de la Campsa.....	3,6°
— de algodón.....	0/10°	— de una emulsión americana.	2,6°
— de sardinas.....	10/11°	— — — española..	6°

Pero así como las constantes de los aceites minerales en orden a la preparación de emulsiones han sido estudiadas y prácticamente determinadas: viscosidad, volatilidad, residuo insulfonable, etc., no ocurre lo propio con los aceites vegetales y animales, sobre cuyas características, en lo que con-

cierte a sus propiedades insecticidas, no conocemos ningún trabajo científico.

Desde este punto de vista estimamos como caracteres más importantes: el *índice de saponificación y de yodo* de los aceites, y *punto de solidificación y fusión* de los ácidos grasos correspondientes.

No precisa ponderar la gran importancia que en nuestra patria tendría el empleo de los aceites de origen animal y vegetal en la preparación de emulsiones. La gran producción, en particular de aceite de oliva, y los altos precios de los aceites minerales de características apropiadas, justifica con creces lo beneficioso de su sustitución por los de origen orgánico en las emulsiones insecticidas.

Las consideraciones anteriormente expuestas nos han llevado a la iniciación de unos estudios sobre las emulsiones, con el propósito de encontrar una característica común a todas, aun tratándose de aceites de distinta procedencia (mineral u orgánica), que pudiera servir de base para la determinación de su eficacia.

Varias son las características generales de las emulsiones que influyen en sus propiedades insecticidas, de entre las que consideramos:

1.º *Su inestabilidad.*—En efecto, las emulsiones de mayor eficacia son las que rompen fácilmente al ser pulverizadas (llamadas por los americanos «quick breaking»), pues de este modo el aceite se separa rápidamente del agua y en el líquido escurrido se pierde una mínima parte de substancia activa.

2.º *La naturaleza y proporción del emulsivo.*—Ha sido demostrado por investigadores americanos que con el porcentaje de substancia emulsionante varían las condiciones de estabilidad de la emulsión preparada y, consecuentemente, su eficacia, como puede observarse a continuación, según los resultados de las experiencias llevadas a cabo por Ong, Knight y Chamberlain, que se resumen en el siguiente cuadro:

**Influencia de la proporción de emulsionantes sobre el poder insecticida de las emulsiones.**

CASEINATO DE CAL POR 100	PERCENTAJE DE ACEITE	INSECTOS VIVOS
1,0000	2	49 por 100
0,5000	2	38 —
0,2500	2	7.5 —
0,1250	2	0.0 —
0,0310	2	0.0 —
0,0078	2	0.0 —

3.º *El tamaño y homogeneidad de las gotitas de aceite emulsionadas.*—Esto depende sobre todo de la manipulación o procedimiento seguido para



la obtención de la emulsión y de la viscosidad del aceite empleado; pero es evidente que a igualdad de condiciones tiene mayor eficacia aquella cuyas gotitas son de menor tamaño.

Todas estas características están íntimamente relacionadas con la tensión superficial y de acuerdo con la teoría del mismo nombre y la moderna de *absorción de la película*, desarrollada como consecuencia de los trabajos de Donnan sobre la tensión interfacial en las emulsiones.

«Esta teoría, generalmente aceptada, supone la formación de una película o membrana alrededor de la fase dispersa (aceite en nuestro caso).

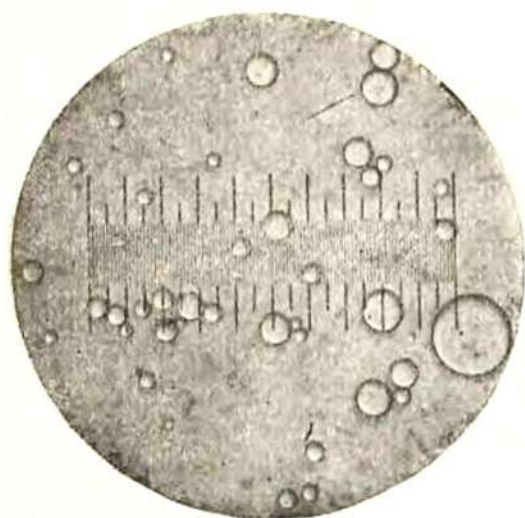


Fig. 1.—Emulsión de aceite de oliva, preparada con agua corriente.

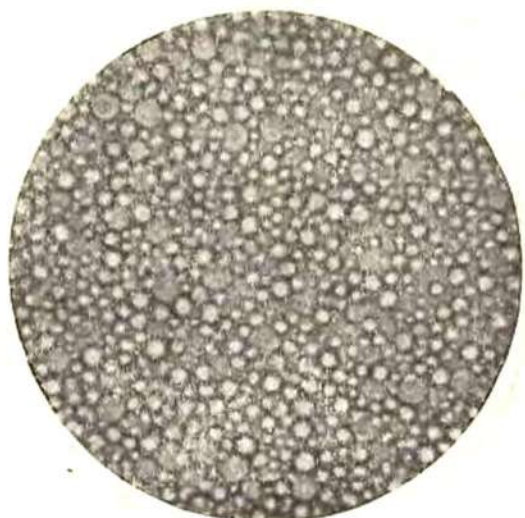


Fig. 2.—Emulsión de aceite de oliva, preparada con agua destilada.

Tanto el aceite como la fase agua se considera que mojan la película y que son absorbidas por ella.»

Bancroft, en su trabajo sobre dicho extremo, afirma que: «la coherencia y la permanencia de la película formada son factores que determinan la estabilidad de la emulsión».

Ya hemos hablado de la influencia de la proporción del emulgente sobre la eficacia de las emulsiones; pero dicha variación influye desde luego sobre la tensión superficial, ya que en realidad las distintas substancias empleadas para facilitar la formación de emulsiones, tales como jabones, gomas, leche, cal, harina, caseinato de cal, colas, gelatinas, albúminas, cresoles, etc., no realizan otro papel que el disminuir la tensión superficial del agua, y es lógico pensar que la proporción y naturaleza del emulsionante influya sobre la resistencia de la película citada.

Quincke, comentando los trabajos de Gad, Brücke y el suyo sobre la teoría de la tensión superficial de las emulsiones, indica que: «la facilidad de emulsionar variaba con la acidez y viscosidad del aceite y con la solu-



bilidad en el agua del jabón resultante». Este último extremo ha sido comprobado por nosotros al intentar la preparación de emulsiones jabonosas en aguas muy calizas (caso frecuente en la región levantina), ya que al precipitarse el jabón, debido a la formación de las sales cálcicas correspondientes a los ácidos grasos del aceite, resultan emulsiones muy pobres, en que las gotas de aceite son escasas y de gran tamaño, en oposición a la misma emulsión preparada en agua destilada, en la que el jabón se disuelve con facilidad (véase figs. 1 y 2).

En cuanto al tamaño de las gotitas emulsionadas, hemos podido observar que también se relaciona con las respectivas tensiones superficiales. En



Fig. 3.—Microfotografía de una emulsión de aceite; tensión superficial = 1.



Fig. 4.—Microfotografía de una emulsión de aceite; tensión superficial = 0,525.

efecto, la curvatura de la superficie de separación de las gotas depende, según la teoría anteriormente expuesta, de la diferencia de tensiones entre ambas caras de la película; por lo tanto, serán más pequeñas cuanto mayor valor alcance dicha diferencia; pero variando entre límites muy estrechos (de 0,420 a 0,482) las tensiones de los aceites usualmente empleados, la tensión superficial de la emulsión será también un índice de dicha característica (figs. 3 y 4).

Todo lo anteriormente indicado nos pone de manifiesto la importancia que respecto a la acción insecticida de las emulsiones pudiera tener la determinación de sus tensiones superficiales, que nosotros hemos intentado relacionar con su eficacia o mortalidad alcanzada en la lucha contra los cóccidos o cochinillas del naranjo.

Dos han sido los ensayos efectuados: uno sobre *Chrysomphalus dictyospermi* Morg. («piojo rojo» o «poll roig»), y otro sobre *Lepidosaphes Gloveri* Pack («serpeta fina»). El primero con aceites minerales y con aceites vegetales y animales el segundo.

Las emulsiones se han empleado diluídas en agua al 2 por 100, determinándose la tensiones superficiales del líquido resultante y los aceites correspondientes.

Se han ensayado tres productos comerciales y fórmulas preparadas en el laboratorio, que responden a la siguiente composición:

*Fórmula I:*

Aceite de olivas.....	250 c. c.
Petróleo. ....	50 —
Amoniaco. ....	10 —
Agua. ....	50 —
Jabón blando potásico.....	25 gramos.
Caseína. ....	2 —

*Fórmula II:*

Aceite de olivas.....	400 c. c.
Jabón líquido amoniacal.....	50 gramos.

*Fórmula III (según Balachowsky):*

Aceite de olivas.....	200 c. c.
Acido oleico.....	75 —
Amoniaco. ....	50 —
Agua. ....	200 —

*Fórmula IV:*

Aceite de linaza.....	200 c. c.
Jabón líquido amoniacal.....	35 gramos.
Aguarrás. ....	25 —
Agua. ....	25 c. c.

*Fórmula V:*

Aceite de sardinas.....	200 c. c.
Jabón líquido amoniacal.....	35 gramos.
Aguarrás. ....	25 —
Agua. ....	25 c. c.

*Fórmula VI:*

Aceite de arenque.....	200 c. c.
Jabón líquido amoniacal.....	35 gramos.
Aguarrás. ....	25 —
Agua. ....	25 c. c.

*Fórmula VII:*

Análoga a las anteriores, con aceite de tiburón.



*Fórmula VIII:*

Aceite gas-oil.....	250 c. c.
Jabón blando.....	40 gramos.
Paradicloro. ....	10 —
Aguarrás. ....	25 —
Agua. ....	40 c. c.

*Fórmula IX:*

Aceite de vaselina.....	200 c. c.
Jabón líquido amoniacal.....	25 gramos.
Aguarrás. ....	25 —
Agua. ....	25 c. c.

La fórmula III, con ácido oleico, requiere, para que la emulsión sea aceptable, la adición al agua de carbonato sódico (sosa Solvay) a razón de 300 gramos por 100 litros de caldo.

Los resultados obtenidos se expresan en los cuadros que a continuación se detallan:

**Ensayo núm. 1 sobre *Chrysonphalus dictyospermi*.**

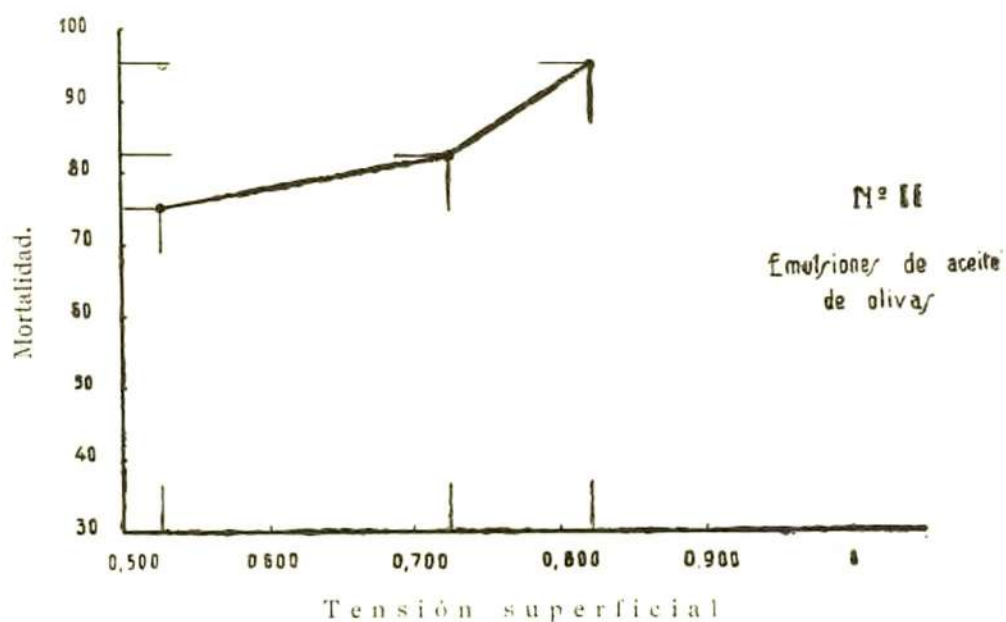
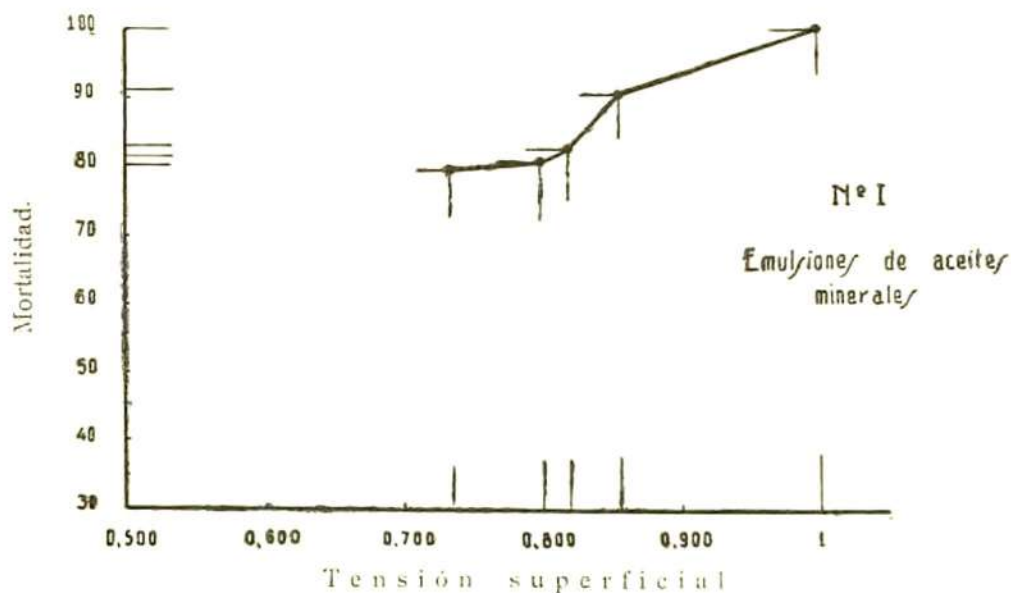
FÓRMULA EMPLEADA	Tensión superficial de la emulsión con relación al agua	Tensión superficial del aceite	Diferencia de tensiones	Mortalidad lograda
Emulsión americana núm. 1...	1	0,432	0,568	100 por 100
— — núm. 2...	0,856	0,420	0,436	91 —
— española. ....	0,820	0,482	0,338	83 —
Fórmula VIII.....	0,800	0,355	0,445	81 —
— IX.....	0,736	0,432	0,304	80 —

**Ensayo núm. 2 sobre *Lepidosaphes Gloveri*.**

NATURALEZA DEL ACEITE	Tensión superficial de la emulsión con relación al agua	Tensión superficial del aceite	Diferencia de tensiones	Mortalidad lograda
De olivas, fórmula I. ....	0,823	0,451	0,372	95 por 100
De — — II. ....	0,725	0,451	0,274	82 —
De — — III. ....	0,525	0,451	0,074	75 —
De linaza, — IV. ....	0,636	0,467	0,169	35 —
De sardina, — V. ....	0,700	0,474	0,226	90 —
De arenque, — VI. ....	0,700	0,482	0,256	88 —
De tiburón, — VII. ....	0,688	0,472	0,216	34 —

No cabe duda que en el ensayo número I se acusa una relación muy estrecha entre las tensiones superficiales de las emulsiones y su eficacia in-

Relación entre la tensión superficial de las emulsiones (abscisas) y la mortalidad lograda sobre los insectos (ordenadas) en los ensayos realizados.



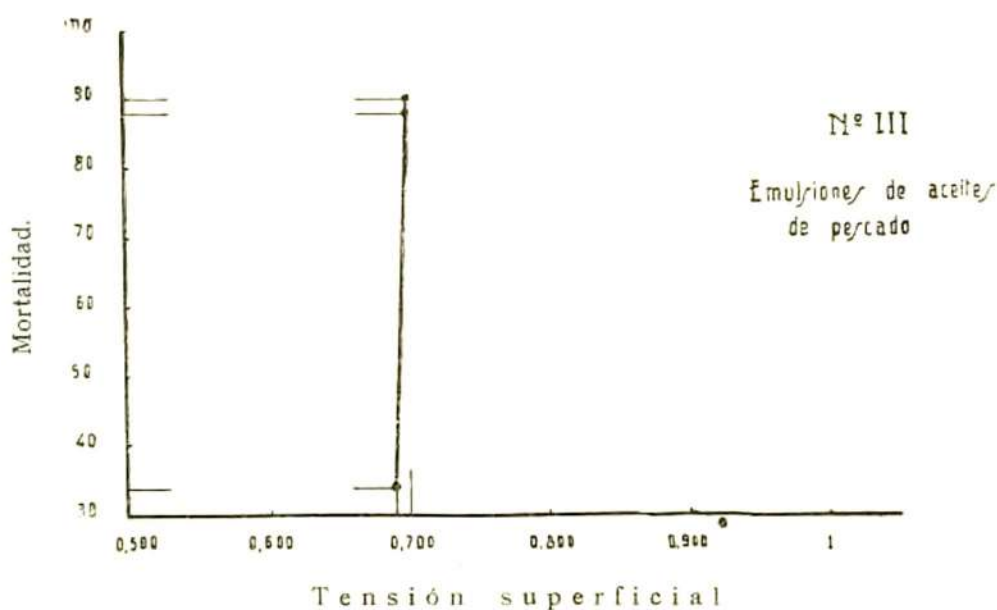
secticida. El máximo corresponde a una emulsión americana de tipo comercial, con tensión igual a la del agua, a partir de la cual la mortalidad decrece con los valores de la tensión superficial.

La misma correlación, aunque no tan marcada, tiene lugar en el ensayo VI CONGRESO INTERN. ENTOM., 1935.

número 2, correspondiendo menor mortalidad a las fórmulas de más baja tensión superficial. Sólo se acusan dos excepciones: una relativa a la fórmula IV, de aceite de linaza, que con una tensión de 0,636 logra una mortalidad sólo del 35 por 100; otra la VII, de aceite de tiburón, que con un valor de 0,688 sólo alcanza una mortalidad del 34 por 100.

La explicación de dichas anomalías quizá consista en la naturaleza y composición del aceite empleado; el de linaza pertenece a los aceites llama-

Relación entre la tensión superficial de las emulsiones (abscisas) y la mortalidad lograda sobre los insectos (ordenadas) en los ensayos realizados.



dos secantes, que, en general, estimamos de baja eficacia insecticida por dos razones: por su menor viscosidad (aproximadamente la mitad que la del aceite de oliva) y por los bajos puntos de fusión y solidificación de los ácidos grasos, que para dicho aceite oscilan entre los límites de temperatura 15/24 y 12/20, respectivamente. Aunque no hemos encontrado datos sobre el aceite de tiburón, es de suponer que ocurre lo propio, pues en aceites análogos, como el de ballena, los puntos de fusión y solidificación de los ácidos grasos son también muy bajos.

En las demás fórmulas ensayadas, y sobre todo para cada una de las clases de aceites empleados, también se observa cierta relación entre la eficacia lograda y las tensiones superficiales de las emulsiones correspondientes (véanse los gráficos).

Los resultados obtenidos en estos primeros ensayos confirman nuestras suposiciones respecto a la importancia de la tensión superficial en el estudio de las emulsiones y además corroboran el poder insecticida de los aceites



vegetales y animales, que, con tensiones en general más bajas que los de origen mineral, alcanzan mortalidades más elevadas, sobre todo si se tiene en cuenta la mayor resistencia de la plaga sobre la que se han ensayado.

No pretendemos con ello sentar conclusiones definitivas sobre la influencia de la tensión superficial en el poder insecticida de las emulsiones de aceites, que habrá que confirmar en ensayos sucesivos, pero sí el llamar la atención sobre la importancia que, de confirmarse lo expuesto, tendría dicha característica en el análisis de las emulsiones y en la fabricación de las mismas.

Nuestro único objeto al redactar estas notas ha sido dar a conocer al Congreso de Entomología la iniciación de estos estudios por la Estación de Patología Vegetal de Burjasot.

### Bibliografía.

CLAYTON, WILLIAM.

1928. *Emulsions and their technical treatment*. J. & A. Churchill. London.

ELMORE, JOHN W.

1931. *Economic poisons*. Department of Agriculture, Sacramento. Special Publication n° 107. California State Printing Office. Sacramento.

GONZÁLEZ REGUERAL, F.

1934. *Los aceites y su aplicación como insecticidas*. Estación Fitopatológica de Levante. Madrid.

HOLDE, D.

1929. *Huiles et graisses minérales, végétales et animales. Leurs dérivés. Leurs succédanés*. Librairie Polytechnique Ch. Béranger. Paris.

MANGRANÉ, DANIEL.

1929. *Química analítica y fisiológica de los aceites y grasas vegetales y animales*. Ed. Espasa-Calpe. Madrid.

SMITH, RALPH H.

1932. *The Tank Mixture method of using oil spray*. Bulletin 527. University of California Printing Office. Berkeley, California.