

CARACTERÍSTICAS DE LOS FORMULADOS COMERCIALES DE PLAGUICIDAS. INFLUENCIA SOBRE LOS RESIDUOS ENCONTRADOS EN ALIMENTOS

FRANCISCO SÁNCHEZ RASERO

INTRODUCCIÓN

Puede que un tema como el que me propongo tratar en esta charla se encuentre, a juicio de algunos, fuera de lugar ante un auditorio de especialistas en residuos de plaguicidas. No obstante, durante casi treinta años he sostenido, y sigo haciéndolo, que un empleo adecuado de plaguicidas, con la formulación más adecuada para cada caso y con el más estricto seguimiento de las indicaciones suministradas por el fabricante en la etiqueta de la formulación, podría acabar, casi definitivamente, con el problema de los residuos de plaguicidas, tanto si se sigue la teoría de la zanahoria, o premio como preconiza el GATT (1), o la del palo sugerida por Chang (2). Como fácilmente se deduce de los nombres, en esencia, la primera propone compensaciones para el buen uso de los plaguicidas, la segunda sanciones para el mal uso.

En todo caso, para el desarrollo de este tema debo recurrir a refrescar un poco la memoria de algunos de ustedes con unos conceptos que, a ciencia cierta, tuvieron muy claros en su día pero que quizás están un poco oxidados al día de hoy. Me refiero a la definición y propiedades principales de las más importantes formulaciones empleadas en la lucha contra las plagas. Como bien saben se parte del principio general de que todo tratamiento fitosanitario consiste en la deposición de una materia activa, de la manera más uniforme posible, sobre el cultivo o blanco a proteger (3). Para lograr ese objetivo es necesario contar con la destreza de un buen formulador que, mediante un conjunto de procesos, presentará la materia activa de la forma que desarrolle un óptimo de eficacia biológica, permaneciendo dentro de unos límites económicos admisibles (4).

Ese proceso de la formulación es extraordinariamente complejo y hoy en día tiene tanto de ciencia como de arte. Su complejidad viene dada por la diversidad de las materias activas, de sus propiedades físicas y químicas, de su modo de acción, de la biología de los organismos a combatir, de las modalidades de tratamientos, de la naturaleza de las plantas a proteger, de las superficies a tratar, etc. Es así mismo de destacar que gracias a una elección apropiada de aditivos y procesos de fabricación, un formulador puede presentar una determinada materia activa de formas muy variadas, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1.

Ejemplo de diversas formulaciones a partir de una materia activa. Producto técnico sólido, insoluble en agua.

Molido en seco	más diluyentes más adsorbentes y tensioactivos más diversos agentes y posterior granulación más comburentes más adhesivos	polvos para espolvoreo polvos mojables gránulos para dispersar en agua fumígenos tratamientos de semillas
Molido húmedo	más agentes diversos	suspensiones concentradas
Solubilización	en concentración debil más gas propulsor en concentración elevada más emulsinantes seguida de adsorción sobre gránulos	soluciones aerosoles solución ULV concentrados emulsionables gránulos para esparcir

De la observación de la misma, no saquen la conclusión de que todas las formulaciones iguales de una determinada materia activa, van a tener el mismo comportamiento biológico. Este depende de una enorme cantidad de factores, tales como : reparto granulométrico, inestabilidad de la materia activa frente a algunos aditivos, calidad de las materias primas, procedimiento de fabricación, etc. Vean en Anexo I la mayor parte de las 71 formulaciones en uso y el código de dos letras asignado por GIFAP (5) y aceptado por la practica totalidad de las Organizaciones Internacionales. La Comisión Nacional de Plaguicidas en España también ha adoptado este código.

Es de justicia reconocer el gran esfuerzo realizado por la industria fitofarmacéutica en los últimos 20 años, no sólo desarrollando nuevos plaguicidas más específicos, activos y biodegradables, sino también produciendo nuevos tipos de formulaciones más ventajosas y seguras en su utilización, como son: suspensiones concentradas, gránulos dispersables en agua, microcápsulas, microemulsiones, suspoemulsiones, bolsas a disolver, etc.

VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS FORMULADOS MAS UTILIZADOS

Con objeto de hacer ver claramente la influencia de los diferentes tipos de formulaciones sobre la eficacia biológica de las materias activas y por consiguiente sobre los residuos en alimentos y sobre el medio ambiente, mencionaré algunas de la principales ventajas e inconvenientes de las formulaciones más utilizadas.

a) Polvos para espolvoreo (DP): listos para su empleo, no necesitan agua, posibilidad de tratar grandes superficies, en sitios de difícil acceso, en recintos cerrados y sin problemas de almacenamiento. Inconvenientes: Dificultad de asegurar un depósito homogéneo, de segregación de partículas, de controlar la nube de polvo y por consiguiente peligro en la utilización de producto tóxicos.

b) Polvos mojables (WP): Posibilidad de formulación a elevadas concentraciones, bajo riesgo de inflamabilidad, adaptables a todo tipo de materia activa, tamaño de partícula pequeño, buen reparto sobre la superficie a tratar, sin problemas de almacenamiento y con buen precio. Inconvenientes: dificultad de pesar la cantidad que debe transferirse al tanque y peligro de formación de nube pulverulenta durante la preparación de la suspensión.

c) Soluciones.- c₁) Concentrados solubles (SL): Facilidad de medida (líquido) y homogeneización rápida en el pulverizador. Inconvenientes: aplicable sólo a materias activas solubles en agua y riesgo de recristalización y rotura de embalajes por el frío.

c₂) Líquidos para ultrabajos volúmenes (UL): Listos para su empleo, poco esfuerzo para el operador, utilización económica, llega a sitios de difícil acceso, buena penetración en sitios de vegetación densa y acción biológica rápida. Inconvenientes: Utilización muy dependiente de las condiciones meteorológicas, gran conocimiento de los parámetros de lucha, aplicable sólo con plaguicidas solubles en los disolventes, peligroso para el operador con productos tóxicos, formulación generalmente cara.

c₃) Líquidos misibles en aceite (OL): Utilización fácil que permite una gran división de la materia activa y presencia de un disolvente que puede facilitar la penetración de la materia activa a través de la superficie de los vegetales. Inconvenientes: Sólo puede aplicarse con plaguicidas solubles en los disolventes, peligro de estos por su toxicidad e inflamabilidad, sensible al frío durante el almacenamiento y costo elevado.

d) Suspensiones concentradas (SC): (Flowable concentrate). Facilidad de manipulación, concentración elevada de materia activa, ausencia de disolventes inflamables, ausencia de polvo, mantenimiento en suspensión elevado dado el pequeño tamaño (2-5 mm) de sus partículas, buena eficacia biológica, homogeneidad de los tratamientos y buena mojabilidad de las superficies de los vegetales. Inconvenientes: aplicable sólo a plaguicidas poco solubles y químicamente estables en agua. Formulación difícil de obtener que puede plantear problemas de almacenamiento y precio de venta elevado.

e) Gránulos.- e₁) Gránulos o comprimidos solubles en agua (SG) y e₂) Gránulos a dispersar en agua (WG): Fácil manipulación con ausencia de polvo, acondicionamiento en seco, pocos riesgos en almacenamiento y aplicables a muchos plaguicidas, excepto los termolábiles. Inconvenientes: Dificultad de formulación, generalmente no alcanzan la finura de las suspensiones concentradas y son caros.

e₃) Gránulos listos para el empleo (GR): Pueden utilizarse con maquinaria agrícola destinada a otros usos, se les puede dar distintos tamaños según el propósito para el que se usan, y son bastante estables durante el almacenamiento. Inconvenientes: Es necesario conocer la densidad aparente, pueden ser frágiles y abrasivos, pueden fácilmente producir polvo, es necesario vigilar la humedad y la higroscopicidad, así como la fluencia.

f) Suspensión de cápsulas (CS): Presentan las mismas ventajas de las suspensiones concentradas y además van soltando la materia activa en forma continuada por lo que su eficacia es más larga, menor el número de tratamientos, se disminuyen los riesgos de volatilidad y de toxicidad y no hay problemas de aglomerados y formación de cristales. Inconvenientes: dificultad de formular, precio caro y dificultad de regular la suelta de materia activa.

Sólo con la finalidad de que puedan imaginar la dificultad de lograr una buena formulación, les presento la Tabla 2 que contiene los diversos agentes que pueden intervenir en la misma.

Tabla 2
Agentes que pueden formar parte de una formulación.

a: Materia activa		
b: Aditivos	b ₁ : Materiales de carga	Diluyentes Adsorbentes Acondicionantes Productos de Molienda Soportes granulados Agentes de fluencia
	b ₂ : Agentes tensioactivos	Mojantes Agentes de extensión o difusión Agentes de penetración Emulsionantes Dispersantes Agentes de mantenimiento en suspensión Antiespumantes Antiformadores de polvo Agentes de unión Adhesivos Tixotropos Desintegrantes
	b ₃ : Aditivos diversos	Disolventes Estabilizantes o inhibidores de descomposición Inhibidores de corrosión Acomplejantes Anticongelantes Antievaporantes Conservantes (hongos) Agentes de seguridad (fitotoxicidad) Hidrotropicos Colorantes Odorantes Aperitivos Atrayentes Enmascarantes

De todos los componentes citados existen diversos tipos en el comercio con características físico-químicas más o menos distintas, por lo que la oferta para el formulador es amplísima y amplísimas también las posibilidades de lograr una formulación que puede ir desde muy mala a muy buena. Una vez que el producto formulado está listo, puede ser sometido a distintos ensayos físico-químicos que pueden darnos una idea bastante aproximada de su bondad. Esos ensayos aparecen resumidos en el Anexo II. La mayoría de ellos han sido colaborativamente estudiados y publicados por CIPAC y suelen ser demandados por las especificaciones FAO.

INFLUENCIA DEL TIPO DE FORMULACIÓN SOBRE LOS RESIDUOS ENCONTRADOS EN LOS ALIMENTOS

Es difícil encontrar información sobre el tema. Tengo en mi laboratorio más de 10.000 fichas bibliográficas sobre temas relacionados con plaguicidas y no han pasado de 10 las que he encontrado que traten sobre este tema. Una aproximación al mismo puede lograrse, de forma indirecta, a través de las siguientes consideraciones:

a) Veámos como los líquidos micibles en aceite llevan un disolvente que puede facilitar la penetración de la materia activa a través de la superficie de los vegetales, lo que, en buena lógica, nos puede hacer pensar que si el tratamiento se realiza cuando ya existe el fruto, el plaguicida puede entrar en él más fácilmente que cuando se utiliza otro tipo de formulación e, incluso, que si el tratamiento es previo a la formación del fruto pero el plaguicida es sistémico, puede ser más fácilmente llevado por la savia al fruto durante su formación. Esto, que en principio parece lógico, ha sido probado en parte por el Dr. Barker, según trabajo de Silvester (9), en el 4º Congreso Internacional de Adyuvantes celebrado en Melbourne en 1996. Demostró que el aceite vegetal «Codacide», que es biodegradable, no tóxico y se descompone rápidamente dando CO₂ y H₂O, mejora significativamente la adhesión (30%), la facilidad de difusión (15 veces) y la penetración del regulador del crecimiento «Chlormequat». El tiempo de evaporación del preparado se multiplica por 4, con lo que es mucho menos vulnerable al lavado y otros factores, y la estructura sobre la planta pasa de cristalina a amorfa, que es más biodisponible. Con todo ello, la cantidad tomada por la planta pasa de 65% a 95% en 24 h.

b) Es lógico pensar que cuanto más tiempo permanezca un plaguicida sobre un cultivo, tanto más penetrará en él y, si pensamos en la enorme diferencia de desaparición de algunos agentes de formulación con respecto a otros, podemos pensar, en principio, que los de más rápida desaparición provocarán una menor contaminación de las cosechas. No obstante no debemos olvidar que la desaparición más o menos lenta de los agentes de formulación no es equivalente a la de la materia activa, por lo que, en definitiva, tampoco aquí podemos encontrar una respuesta clara a nuestra pregunta.

c) Se puede suponer que las distintas formulaciones de un plaguicida facilitarán o dificultarán más o menos el transporte, degradación y volatilización del mismo, lo que en definitiva puede contribuir a su mayor o menor presencia en las aguas subterráneas, que con tanta frecuencia se utilizan para riego de cultivos y, por consiguiente, pueden contaminar los cultivos regados con ellas. Son muchísimos los estudios realizados en todo el

mundo sobre este tema (6 - 8), pero prácticamente todos ellos han sido llevados a cabo con productos técnicos e incluso purificados, lo que tampoco nos da información sobre la influencia de los distintos tipos de formulaciones sobre la contaminación por plaguicidas.

d) Para terminar con estos ejemplos voy a referirme a un tipo de formulación que supongo estará rondando su mente; se trata de las suspensiones de microcápsulas. En ellas, la liberación del ingrediente activo es gradual y por ello con una menor concentración libre en el momento de su utilización, aunque su persistencia en el tiempo es mucho mayor. Esto debería, en principio, repercutir, tanto en la concentración de residuos en las cosechas como en la contaminación ambiental, no obstante, como en los casos anteriores, faltan estudios publicados que nos permitan aseverar lo que sólo es una deducción lógica.

No quisiera terminar sin ofrecer algunos datos, aunque lógicamente muy pocos, sobre la influencia del tipo de formulación sobre los residuos de plaguicidas. El Grupo de Trabajo sobre Residuos, de la Asociación Europea de Protección de Cultivos (ECPA Residue Task Force) preparó un documento de revisión de niveles de residuos de plaguicidas, en cultivos, en función de los tipos de formulaciones utilizados. El informe está basado en la investigación conjunta realizada por varios miembros de la Asociación y, por motivos de confidencialidad y protección de datos por la gran industria, voy a mostrarles, a continuación, sólo aquellos para los que he recibido la correspondiente autorización. Ciba utilizó una suspensión concentrada con 75/425 g/l de metalaxyl/folpet, otra suspensión concentrada con 75/300 g/l de metalaxyl/cobre y unos polvos mojables a 250 g/kg de metalaxyl. Las aplicaciones se realizaron en viñedos tres veces, cada dos semanas, entre Julio y Agosto y las tomas de muestra se efectuaron a tiempos: 0-3-7-14-21 y 42 días. No llovió en las 24 h siguientes a los tratamientos, el total de precipitación durante el experimento fue de 75 mm y la temperatura media fluctuó entre 19 y 31°C. Las muestras se almacenaron a -20°C hasta su análisis. Los resultados referidos al metalaxyl aparecen en la Tabla 3 expresados en mg/kg, y puede deducirse que no hay diferencia en la desaparición del metalaxyl en cualquiera de las formulaciones y que al tiempo de cosecha los residuos son muy similares.

Tabla 3
Residuos de Metalaxyl en uvas.

Días de tratamiento	SC Met/Folpet	SC Met/Cu	WP Met.
0	1.22	1.50	1.49
3	1.04	0.81	0.82
7	0.71	0.90	0.78
14	0.32	0.49	0.44
21	0.32	0.46	0.40
42(cosecha)	0.21	0.29	0.21

En el estudio, referido a muy diversos plaguicidas intervinieron las firmas: Ciba-Geigy (Francia), Bayer (Alemania), Zeneca (Reino Unido), Rhone-Poulenc (Francia), American Cyanamide (EE.UU), Sumitomo (Japón), Schering (Reino Unido), DuPont de Nemours (Francia) y Janssen Pharmaceutica (Bélgica). Para la realización del estudio se tuvo en cuenta lo que se expone a continuación.

La FAO ha definido normas para el diseño de ensayos de residuos (10) que sirvan tanto para el registro de plaguicidas como para el establecimiento de límites máximos de residuos. Estas normas recomiendan que:

- a) la formulación que se desea registrar debe ser usada en el ensayo de residuos.
- b) además, antes de introducir otras formulaciones, se obtendrá información de ensayos colaborativos para comprobar que los niveles de residuos no se afectan significativamente por cambios en la formulación.

En 1981, GIFAP indicó qué cambios en la formulación deben ser considerados como menores (11). Estos son:

- a) aumento o disminución del porcentaje de un formulante dentro de límites relativamente pequeños.
- b) remplazamiento de un material inerte por otro de propiedades químicas y/o físicas muy similares.
- c) adición de pequeñas cantidades de otra materia formulante (ej.: antiespuma, antiaglomerante, etc.).
- d) realización de pequeños cambios en el contenido de la materia activa.

GIFAP recomendaba también que los fabricantes informaran a las autoridades de los cambios efectuados acompañando la necesaria información si era necesario.

Finalmente, ECPA realizó el estudio al que estamos refiriéndonos, con ensayos comparativos de distintas formulaciones, en distintos cultivos y en distintos países, aunque siempre restringido a casos en los que diferentes formulaciones de un plaguicida se usan de forma similar y estableciendo la comparación en cada caso para un cultivo, un lugar y un tiempo.

Seguramente tendría interés conocer las dosis aplicadas y su relación con los residuos encontrados; por desgracia es un dato que no puedo ofrecer, excepto en el ya mencionado caso de CIBA, por tratarse de un estudio realizado por la industria internacional del que sólo he podido conocer los porcentajes de recuperación al cabo de cierto tiempo, que es lo que se presenta en las Figuras 1-15, en las que los resultados obtenidos han sido redondeados de acuerdo con Weimann y Nolbing (12).

Como se puede comprobar, la mayor parte de los experimentos muestran un comportamiento similar en la disminución de residuos, finalizando en prácticamente los mismos niveles en la época de la recolección o cosecha. En ciertos casos parece haber una pequeña diferencia en la forma de las gráficas, dependiendo del tipo de formulación, pero al final, en la cosecha, los residuos son muy similares. En un caso (Fig. 3) el ensayo se repitió durante tres años con los mismos niveles de aplicación para las dos formulaciones empleadas y, como ven, el resultado obtenido fue el mismo en las tres campañas. Por supuesto es preciso aclarar que resultados similares o comparables significa resultados con una desviación aceptable tras aplicar un método analítico recomendado y fiable.

En conclusión, los datos presentados permiten afirmar que no habrá cambios en los residuos al tiempo de la recolección por haber usado formulaciones que se aplican de manera similar. Esto quiere decir que los resultados exhibidos no pueden hacerse extensivos a formulaciones de aplicación tan dispar como por ejemplo: pulverización normal de elevado volumen frente a ultrabajo volumen, pulverización frente a nebulización, pulverización frente

a espolvoreo, o aplicación foliar frente a aplicación directa en el suelo. Pero incluso en estos casos tampoco nadie ha demostrado que el comportamiento en relación con los residuos sea diferente. Solamente Sundryan y colaboradores (13-14) han tratado de relacionar la calidad de los aditivos de las formulaciones con la eficacia de los mismos, trabajando con formulaciones de fenitrotion, aminocarb y mexacarbato en bosques, llegando a la conclusión, entre otras, de que todas las formulaciones ensayadas por ellos alcanzan en el suelo, en sólo cinco días, niveles inferiores a 4 ppb, que es el límite de detección del método analítico utilizado.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- GATT (1992) *International Trade*, 1, 90-91.
- 2.- CHANG, H.F. (1995) *The Georgetown Law Journal*, 8, 2131-2213.
- 3.- HALL, F.R. Ed. (1985) *Agricultural research institute Bethesda, MD, USA*.
- 4.- OH, B.Y. et al. (1986) *Han'Guk Nonghwa Hakhoechi*, 29, 90-95.
- 5.- GIFAP (1989) *Technical Monograph N° 2*, pp. 5-7, Bruxelles.
- 6.- FLURY, M. (1996) *J. Environm. Qual.*, 25, 25-45.
- 7.- RILEY, D. (1991) *BCPC MONO No. 47*, 11-20.
- 8.- *Soil Science Society of America*. (1990), 2, 530 pp., ed. H.H. Cheng.
- 9.- SILVESTER, S., (1996) *Agric. and E. Intl.*, 47, 134.
- 10.- *FAO (1990) Guidelines on Producing Pesticide Residues Data from Supervised Trials*.
- 11.- GIFAP (1981) *GIFAP Technical Monography No. 5*.
- 12.- WEINMANN, W.D. and NOLTING, H.G. (1981), *Nachrichtenbl. Devt. Pflanzenschutzd.*, 33, 137-141.
- 13.- SUNDARAM, A. y SUNDARAM, K.M.S. (1981). *Proc. Ann. Workshop Pestic. Residue Anal.*, 16, 143-160.
- 14.- SUNDARAM, K.M.S. y SUNDARAM, A. (1987). *ASTM Spec. Tech. Publ.*, 968, 139-151.

Anexo I

Lista de tipos de formulaciones de plaguicidas y código internacional de denominación.

- AI Active ingredient (Materia activa).
- TC Technical material (Producto técnico).
- TK Technical concentrate (Concentrado técnico)
- EC Emulsifiable concentrates (Concentrado emulsionable.)
- EO Emulsion, water in oil (Emulsión, agua en aceite).
- EW Emulsión, oil in water (Emulsión, aceite en agua).
- SC Suspension concentrate = flowable concentrate (Suspensión concentrada).
- CS Capsule suspension (Suspensión de capsulas).
- SL Soluble concentrate (Concentrado soluble).
- SP Water soluble powder (Polvo soluble en agua).
- SG Water soluble granules (a) (Gránulos solubles en agua).
- TB Tablet (Tabletas).
- BR Briquette (Pastilla de liberación controlada).
- WP Wettable powder (Polvo mojable).
- WG Water dispersible granules (a) (Gránulos dispersables en agua).

Concentrados a diluir en disolventes orgánicos.

- OL Oil miscible liquid (Líquido miscible en aceite).
- OF Oil miscible flowable concentrate (oil miscible suspension) (Suspension concentrada diluible en aceite).
- OP(*) Oil dispersible powder (Polvo dispersable en aceite).

Productos para aplicar sin diluir.

- DP Dustable powder (Polvo espolvoreable).
- GP Flo-dust (Polvo ligero).
- GR Granule (Gránulos).
- FG Fine granule (Gránulos finos).
- CG Encapsulated granule (Gránulos encapsulados).
- GG Macrogranule (Macrogránulos).
- MG Microgranule (Microgránulos).
- ED Eklektrochargeable liquid (Líquido cargable eléctricamente).
- SO Spreading oil (Aceite formador de película).
- AL Other liquids to be applied undiluted (Otros líquidos destinados a ser aplicados sin dilución).
- TP Tracking powder (Rodenticida polvo esparcible).
- UL Ultra low volume (ULV) liquid (Producto para aplicación a ultra bajo volumen).
- SU Ultra low volume (ULV) suspension (Suspensión para aplicación a ultra bajo volumen).
- DS Powder for dry seed treatment (Polvo para tratamiento en seco de semillas).
- FS Flowable concentrate for seed treatment (Suspensión concentrada para tratamiento de semillas por vía húmeda).
- LS Solution for seed treatment (Solucion desinfectante de semillas por vía húmeda).
- PS Seed coated with a pesticide (Semilla perlada o pildorada).
- SS Water soluble powder for seed treatment (Polvo soluble para desinfección de semillas por vía húmeda).
- WS Water dispersible powder for slurry treatment (Polvo mojable para la formación de papilla desinfectante de simiente).

Anexo I (Cont.)

Lista de tipos de formulaciones de plaguicidas y código internacional de denominación.

Formulaciones diversas para usos especiales.

- AE Aerosol dispenser (Aerosol o «Spray»).
- CB Bait concentrate (Cebo concentrado).
- FU Smoke generator (Producto fumígeno).
- FD Smoke tin (Bote fumígeno).
- FK Smoke candle (Vela fumígena).
- FP Smoke cartridge (Cartucho fumígeno).
- FR Smoke rodlet (Barrita fumígena).
- FT Smoke tablet (Tableta o comprimido fumígeno).
- FW Smoke pellet (Gránulos fumígenos).
- GA Gas (Gas en envase a presión).
- GE Gas generating product (Fumigante).
- HN Hot fogging concentrate (Producto para nebulización en caliente).
- KN Cold fogging concentrate (Producto para nebulización en frío).
- GS Grease (Grasa/mayonesa).
- LA Laquer (Laca).
- PA Paste (Pasta).
- PR Plant rodlet (Tablilla impregnada en un producto fitosanitario).
- RB Bait (ready for use) (Cebo preparado).
- SB Scrap bait (Cebo troceado).
- GB Granular bait (Cebo en gránulos).
- AB Grain bait (Granos de cebo).
- PB Plate bait (Cebo en plaquitas).
- BB Block bait (Cebo en bloques).
- VP Vapour releasing product (Producto difusor de vapores).
- XX Others (Varios).

Productos para la salud animal.

- PO Pour-on (Loción).
- SA Spot-on (Solución para aplicación localizada).

Anexo II
Propiedades físico-químicas aplicables a las formulaciones.

Tipos de Formulaciones

Propiedades Físico-Químicas	DP	WP	SP	SL	UL	CL	EC	SC	SG	WG	GR
1. Solubilidad en distintos disolventes	X	X	X						X	X	X
2. pH, acidez y alcalinidad	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3. Humedad	(X)	(X)	(X)	X	X	X	X	(X)	(X)	(X)	(X)
4. Tamizado en seco	X	(X)							X	X	
5. Tamizado en húmedo	(X)	X	X					X	X	X	X
6. Mojabilidad	X	X							X	X	X
7. Mantenimiento en suspensión	X	X						X		X	
8. Mantenimiento en emulsión							X				
9. Reparto granulométrico	X	X						X	X	X	X
10. Fluencia	X										X
11. Estabilidad a baja temperatura				X	X	X	X	X			X
12. Estabilidad al calor	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
13. Espuma	X	X	X	X					X	X	
14. Punto de inflamabilidad				X	X	X	X				
15. Miscibilidad con aceites				(X)	X	X					
16. Viscosidad				X	X	X	(X)	X			
17. Densidad aparente	X							X	X	X	X
18. Densidad absoluta	(X)	(X)	(X)	X	X	X	X	X	(X)	(X)	(X)
19. Dispersibilidad	X	X					X	X	X	X	
20. Vaciamiento (puorability)								X			
21. Desmenuzabilidad (friability)								X	X	X	X
22. Desgastes por frotamiento (attrition)								X	X	X	(X)
23. Aglomeramiento (claying)		(X)	(X)					X	X	X	X
24. Adesividad	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
25. Velocidad disolución			X								
26. Velocidad de liberación (release)								X			X









