



Ayuntamiento de Logroño

ASUNTO: SUMINISTRO DE COAGULANTE PARA EL TRATAMIENTO Y POTABILIZACION DEL AGUA

EXPEDIENTE: CON21-2019/0022

INFORME:

1. EMPRESAS OFERTANTES

Dentro del plazo fijado en el pliego de cláusulas económico-administrativas, se han presentado tres empresas:

Empresa	Nombre producto
KEMIRA IBÉRICA, S.A.	PAX – XL10
ACIDEKA, S.A	DKBASIC PLUS 10
FERALCO IBERIA, S.A.U.	AQUALENC F2

De acuerdo con las actas de fecha 14 y 21 de marzo, estas ofertas son admitidas a trámite por lo que se realiza su valoración.

2. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA APORTADA.

Se ha analizado la documentación técnica aportada por las empresas ofertantes a fin de comprobar si se ajusta con lo exigido en el punto séptimo del Pliego de Prescripciones Técnicas (en adelante PPT) que regula el presente contrato. Se observa que todas ellas han presentado la documentación exigida ajustándose a los requisitos mínimos solicitados.

3. VALORACIÓN.

De acuerdo lo recogido en el expediente que sirve de base para la presente contratación, se tendrá en cuenta los siguientes criterios y ponderación para la valoración de las ofertas:

- Precios unitarios60 puntos
- Adecuación al agua bruta.....40 puntos

Para la valoración de la adecuación al agua bruta de los reactivos ofertados, se han realizado ensayos comparativos en el laboratorio, cuyo informe está al final del presente documento. Se han obtenido datos de la menor dosis idónea, aluminio residual, velocidad de decantación de los fangos, tamaño de los flóculos formados y la turbidez final para el conjunto de ensayos y son 8 puntos como máximo los que podrán otorgarse en cada subcriterio.

Así mismo está establecido que para que un licitador pueda seguir con el proceso de adjudicación, deberá conseguir al menos 20 puntos porcentuales en los ensayos de adecuación al agua bruta, siendo desestimadas aquellas ofertas que no cumplan este requisito. Como se verá más adelante todas las ofertas superan la esta valoración mínima.

3.1. Adecuación al agua bruta

Entre los días 27 de marzo y 10 de abril de 2019 se realizaron distintos ensayos de adecuación de los productos al agua bruta en las instalaciones del laboratorio de la ETAP río Iregua obteniéndose un estudio comparativo de los mismos. Dichos ensayos tienen por objeto valorar el comportamiento de los productos ante diferentes tipos de agua bruta.

Este tipo de productos han de tener unos requisitos técnicos mínimos que en este caso superan los tres ofertados y el comportamiento puede variar en función de las características del agua ya que la fórmula polimérica puede ser diferente entre ellos. Además puede llevar otros componentes que hacen, en su conjunto, que la efectividad no sea igual en estos reactivos y dependiendo de las características del agua a tratar.

Por eso es necesario realizar los ensayos de adecuación al agua bruta que llega a estas instalaciones de la ETAP río Iregua, cuya metodología, descripción detallada de la ejecución de los análisis, tablas, resultados obtenidos y las conclusiones del estudio comparativo, están recogidas en el informe técnico elaborado por la directora del citado laboratorio en el anexo.

Para evaluar la efectividad de los reactivos analizados en los ensayos de adecuación al agua bruta, se tienen en cuenta factores directamente relacionados con el proceso de clarificación del agua:

- Rendimiento del proceso mediante la determinación de dosis óptimas, mejor tamaño de flóculos y mayor velocidad de sedimentación.
- Mínimas alteraciones los valores de pH del agua tratada.
- Calidad del agua cuando los valores de turbidez de agua decantada y de aluminio residual sean los más bajos posibles.

Los ensayos se han realizado con diferentes turbideces de agua bruta (principal parámetro que determina la dosis a añadir de reactivo) para observar el comportamiento de los productos en las diferentes situaciones que pueden darse.

Tras la realización de los ensayos, se han obtenido datos de la menor dosis idónea, aluminio residual, velocidad de decantación de los fangos, tamaño de los flóculos formados y la turbidez final. A continuación se detallan estos aspectos y se hacen las correspondientes valoraciones teniendo en cuenta que son 8 puntos como máximo los que podrán otorgarse en cada subcriterio tal como se ha comentado anteriormente y que se recoge en el pliego.

3.1.1. Dosis idónea

La determinación de dosis óptima en laboratorio, que luego es llevada a la planta, fija la concentración de coagulante en agua a tratar teniendo en cuenta el equilibrio entre una menor turbidez en agua decantada, menor aluminio residual, mayor tamaño de flóculo, mayor velocidad de decantación con la menor cantidad de reactivo. Se opta por la menor dosis ya que lleva un menor coste económico de explotación.

El siguiente cuadro recoge las dosis óptimas para cada ensayo realizado:

<i>Licitador</i>	Dosis óptima (ppm)				
	E1	E2	E3	E4	E5
KEMIRA IBÉRICA, S.A.	25	100	25	25	25
ACIDEKA, S.A	25	100	25	25	25
FERALCO IBERIA, S.A.	25	100	25	25	25

Se observa que para cada uno de los ensayos, la dosis óptima de los reactivos es la misma, por lo que la valoración de este aspecto es igual para todos, obteniendo 8 puntos cada uno.

<i>Valoración MEJOR DOSIS</i>	Total
KEMIRA IBÉRICA, S.A.	8
ACIDEKA, S.A	8
FERALCO IBERIA, S.A.U.	8

3.1.2. Velocidad de decantación

Una vez que se adiciona el producto, se forman flóculos que han de ser eliminados por gravedad en el proceso de decantación. Por ello una mejor y mayor velocidad de decantación implica un mejor rendimiento en esta fase del proceso de potabilización.

En el siguiente cuadro se recoge la valoración en la comparativa realizada en las dosis óptimas:

VELOC. DECANTACIÓN (sobre 10)	E1	E2	E3	E4	E5
KEMIRA IBÉRICA, S.A.	8	8,5	8	8	8
ACIDEKA, S.A	7	8	7	7	7
FERALCO IBERIA, S.A.U.	9	9	9	8	8

En el siguiente cuadro se indica la posición obtenida en este ensayo, donde 1 es el mejor puesto y 3 el peor:

VELOC. DECANTACIÓN	E1	E2	E3	E4	E5
KEMIRA IBÉRICA, S.A.	2	2	2	1	1
ACIDEKA, S.A	3	3	3	3	3
FERALCO IBERIA, S.A.U.	1	1	1	1	1

Aquí se observan pequeñas diferencias, si bien siempre el producto usado de FERALCO es el que siempre ha obtenido mejores resultados, en dos ocasiones igual que el de KEMIRA, mientras que el de ACIDEKA siempre ha obtenido los peores resultados.

Para valorar este criterio se tiene en cuenta que para cada ensayo le corresponde 1,6 puntos (reparto del máximo de 8 para el conjunto del apartado) y la puntuación se reparte de forma proporcional directa de los valores obtenidos. Con ello, la valoración queda como sigue:

Valoración VELOC. DECANTACIÓN	E1	E2	E3	E4	E5	Total
KEMIRA IBÉRICA, S.A.	1,42	1,51	1,42	1,60	1,60	7,56
ACIDEKA, S.A	1,24	1,42	1,24	1,40	1,40	6,71
FERALCO IBERIA, S.A.U.	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	8,00

3.1.3. Tamaño de flóculo

Tal como se ha comentado, una vez que se adiciona el producto, se forman flóculos que han de ser eliminados por gravedad en el proceso de decantación. Además de la velocidad de decantación citada, la formación de un buen tamaño de flóculo también implica un mejor rendimiento en esta fase del proceso de potabilización.

En el siguiente cuadro se recoge la valoración en la comparativa realizada en las dosis óptimas:

TAMAÑO FLOCULOS (valor sobre 5)	E1	E2	E3	E4	E5
KEMIRA IBÉRICA, S.A.	5	4	5	5	3
ACIDEKA, S.A	4	3	3	3	3
FERALCO IBERIA, S.A.U.	5	5	5	5	4

En el siguiente cuadro se indica la posición obtenida en este ensayo, donde 1 es el mejor puesto y 3 el peor:

TAMAÑO FLOCULOS	E1	E2	E3	E4	E5
KEMIRA IBÉRICA, S.A.	1	2	1	1	2
ACIDEKA, S.A	3	3	3	3	2
FERALCO IBERIA, S.A.U.	1	1	1	1	1

Aquí se observan pequeñas diferencias, si bien siempre el producto usado de FERALCO es el que siempre ha obtenido mejores resultados, en tres ocasiones igual que el de KEMIRA, mientras que el de ACIDEKA siempre ha obtenido los peores resultados (una vez compartido con KEMIRA).

Para valorar este apartado se tiene en cuenta el mismo criterio antes citado. Con ello, la valoración queda como sigue:

Valoración TAMAÑO FLÓCULO	E1	E2	E3	E4	E5	Total
KEMIRA IBÉRICA, S.A.	1,60	1,28	1,60	1,60	1,20	7,28
ACIDEKA, S.A	1,28	0,96	0,96	0,96	1,20	5,36
FERALCO IBERIA, S.A.U.	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	8,00

3.1.4. Turbidez del agua decantada

La turbidez del agua decantada, tras la separación por gravedad de los flóculos formados, es un indicador del proceso de coagulación y decantación. Un menor valor de este parámetro implica mejorar la siguiente fase de filtración. En el siguiente cuadro se recogen los resultados obtenidos por cada producto y ensayo en la dosis óptima:

Licitador	Turbidez agua decantada (NTU)				
	E1	E2	E3	E4	E5
KEMIRA IBÉRICA, S.A.	0,204	0,164	0,249	0,274	0,220
ACIDEKA, S.A	0,233	0,197	0,252	0,270	0,292
FERALCO IBERIA, S.A.	0,312	0,244	0,262	0,248	0,232

A continuación, se calcula el porcentaje de diferencia de cada valor respecto del anterior (en orden decreciente ya que el de mayor valor es peor resultado):

Licitador	% diferencia respecto anterior				
	E1	E2	E3	E4	E5
KEMIRA IBÉRICA, S.A.				1,5%	
ACIDEKA, S.A	14,2%	20,1%	1,2%	8,9%	25,9%
FERALCO IBERIA, S.A.	33,9%	23,9%	4,0%		5,5%

En el siguiente cuadro se indica la posición obtenida en este parámetro, donde 1 es el mejor puesto y 3 el peor.

TURBIDEZ AGUA DECANTADA	E1	E2	E3	E4	E5
KEMIRA IBÉRICA, S.A.	1	1	1	3	1
ACIDEKA, S.A	2	2	2	2	3
FERALCO IBERIA, S.A.U.	3	3	3	1	2

Se observa que con el producto de KEMIRA se han obtenido los mejores resultados en cuatro de los cinco ensayos, mientras que el ACIDEKA es quien ha estado mayoritariamente en medio, cuando el de FERALCO ha estado en los dos extremos.

Por último, para valorar este apartado se tiene en cuenta el mismo criterio antes citado. Con ello, la valoración queda como sigue:

Valoración TURBIDEZ AGUA DECANTADA	E1	E2	E3	E4	E5	Total
KEMIRA IBÉRICA, S.A.	1,60	1,60	1,60	1,45	1,60	7,85
ACIDEKA, S.A	1,40	1,33	1,58	1,47	1,21	6,99
FERALCO IBERIA, S.A.U.	1,05	1,08	1,52	1,60	1,52	6,76

3.1.5. Aluminio residual en el agua decantada

El aluminio residual en agua decantada es un parámetro inherente a la formulación del reactivo y al proceso de coagulación-decantación. Se trata de un parámetro que está regulado por la normativa vigente para aguas de consumo humano. Por tanto, el objetivo que, tras una buena coagulación-decantación, haya la menor cantidad de aluminio residual en el agua. En el siguiente cuadro se recogen los resultados obtenidos por cada producto y ensayo en la dosis óptima:

Licitador	Aluminio residual en agua decantada (ppm)				
	E1	E2	E3	E4	E5
KEMIRA IBÉRICA, S.A.	295,1	220,5	442,6	393,4	346,8
ACIDEKA, S.A	351,9	198,3	489,9	392,8	374,8
FERALCO IBERIA, S.A.	393,9	244,9	491,8	361,0	369,1

A continuación, se calcula el porcentaje de diferencia de cada valor respecto del anterior (en orden decreciente ya que el de mayor valor es peor resultado):

Licitador	% diferencia respecto anterior				
	E1	E2	E3	E4	E5
KEMIRA IBÉRICA, S.A.		11,2%		0,2%	
ACIDEKA, S.A	19,2%		10,7%	8,8%	1,5%
FERALCO IBERIA, S.A.	11,9%	11,1%	0,4%		6,4%

En el siguiente cuadro se indica la posición obtenida en este parámetro, donde 1 es el mejor puesto y 3 el peor.

Aluminio residual en agua decantada	E1	E2	E3	E4	E5
KEMIRA IBÉRICA, S.A.	1	2	1	3	1
ACIDEKA, S.A	2	1	2	2	3
FERALCO IBERIA, S.A.U.	3	3	3	1	2

Se observa que con el producto de KEMIRA se han obtenido los mejores resultados en tres de los cinco ensayos, mientras que los otros productos han sido mejores una vez cada uno. También se observa que en algunos ensayos las diferencias entre los tres reactivos fueron muy pequeñas.

Por último, para valorar este apartado se tiene en cuenta el mismo criterio antes citado quedando la valoración como sigue:

Aluminio residual en agua decantada	E1	E2	E3	E4	E5	Total
KEMIRA IBÉRICA, S.A.	1,60	1,44	1,60	1,47	1,60	7,71
ACIDEKA, S.A	1,34	1,60	1,45	1,47	1,48	7,34
FERALCO IBERIA, S.A.U.	1,20	1,30	1,44	1,60	1,50	7,04

3.2. Resumen de valoración

Teniendo en cuenta todo lo expuesto anteriormente, a continuación se muestra el cuadro resumen con la valoración obtenida en cada uno de los diferentes criterios:

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	TOTAL
KEMIRA IBÉRICA, S.A.	8,00	7,56	7,28	7,85	7,71	38,39
ACIDEKA, S.A	8,00	6,71	5,36	6,99	7,34	34,40
FERALCO IBERIA, S.A.U.	8,00	8,00	8,00	6,76	7,04	37,80

(1) *Dosis óptima*

(2) *Velocidad decantación*

(3) *Tamaño flóculos*

(4) *Turbidez agua decantada*

(5) *Aluminio Residual*

4. CONCLUSIONES

Conforme a las características técnicas de cada producto, recogidas en sus respectivas fichas y analizadas en el laboratorio, los tres productos son similares en cuanto a la composición química principal.

No obstante, dentro de la formulación de cada reactivo pueden existir diferencias en cuanto a su comportamiento en el agua bruta, de ahí que se realicen este tipo de ensayos para estudiar su efectividad.

Cualquiera de los productos puede ser utilizado en la potabilización del agua dado que cumplen correctamente con su función de coagulante para la sedimentación y eliminación de partículas, si bien hay diferencias de eficacia y calidad tal como se recogen en los resultados obtenidos en los diferentes ensayos realizados tal como se ha visto.

En la determinación de dosis óptima, los valores obtenidos son similares en los tres reactivos ensayados, lo que a los efectos de coste económico dependerá del precio unitario de cada uno de ellos.

En cuanto a la determinación de los parámetros de efectividad de los reactivos, cabe destacar dos aspectos diferenciadores. En cuanto a la formación de los flóculos, destaca el producto de FERALCO en el que en los cinco ensayos siempre ha sido el que mejores resultados ha obtenido en el tamaño de flóculo y por ende en la buena velocidad de decantación, aspectos que favorecen su buena eliminación en el proceso de decantación de la línea de agua de la ETAP. En el lado contrario está el producto DKABASIC PLUS 10 de ACIDEKA ya que es el que peores resultados ha obtenido en estos dos tipos de criterio. Mientras, el PAX XL-10 de KEMIRA ha tenido algunos ensayos con resultados iguales que el de FERALCO y en otros algo peor.

El otro aspecto diferenciador es el referente a la turbidez y aluminio residual del agua decantada, donde las diferencias entre los tres productos son menores, si bien en estos aspectos es el reactivo PAX XL-10 de KEMIRA quien globalmente ha obtenido mejores resultados. Mientras que los otros dos tienen pequeñas diferencias pero ligeramente a favor de ACIDEKA.

Teniendo en cuenta estos dos aspectos diferenciadores, en un caso a favor de FERALCO y en el otro de KEMIRA, hace que la valoración total se vea compensada tal como se ha podido comprobar en el estudio realizado por lo que ambos productos son, globalmente, parecidos aunque ligeramente a favor del segundo. Y por último, el producto de ACIDEKA, es el que peores resultados ha obtenido (especialmente en el tamaño y velocidad de formación de flóculos).

Estas diferencias y similitudes son las que finalmente quedan reflejadas en el cuadro resumen antes citado en el que los productos PAX XL-10 de KEMIRA y AQUALENC F2 de FERALCO obtienen una puntuación parecida pero algo mejor a favor de la primera, seguida del DKABASIC PLUS 10 de ACIDEKA.

Se da traslado del presente informe a la Mesa de Contratación a fin de que se prosiga con la tramitación con la apertura del sobre C con la propuesta económica.

Logroño, 24 de mayo de 2019

El Adjunto al Director General

El Jefe de Sección de Plantas
Depuradoras

Fdo.: Pedro Manuel San Juan

Fdo.: Ángel de Pablo García

INFORME TÉCNICO
ADJUDICACION DE COAGULANTES PARA EL TRATAMIENTO
DE AGUA DE LA E.T.A.P RIO IREGUA



AYUNTAMIENTO DE LOGROÑO
E.T.A.P. RIO IREGUA
LABORATORIO
TFNO: 941.44.80.31

0. INDICE

- 1.- Objetivo
- 2.- Empresas licitadoras
- 3 - Análisis de los productos.
- 4.- Consideraciones
 - 4.1.- Condiciones previas
 - 4.2.- Criterios de selección
 - 4.3.- Criterios de ensayo y estudios comparativos
- 5.- Ensayos realizados
 - 5.1.- Selección de dosis idónea para cada producto y comparación de resultados
- 6 - Conclusiones finales.

1. OBJETIVO

Comparar técnicamente tres coagulantes de alta basicidad para la adjudicación del contrato para el suministro de dicho producto para la Estación de Tratamiento de Agua Potable (E.T.A.P.) Río Iregua.

2. EMPRESAS LICITADORAS

Se presentan tres empresas con los siguientes productos:

Empresa	Producto
KEMIRA	PAX XL -10
ACIDEKA	DKBASIC PLUS 10
FERALCO	AQUALENC F2

A cada producto presentado se le asigna un código para todos los ensayos que se citan en el presente informe:

C1 = PAX XL-10

C2 = DKBASIC PLUS 10

C3 = AQUALENC F2

3. ANÁLISIS DE LOS PRODUCTOS

El pliego de prescripciones técnicas para la adjudicación del producto exige que se cumplan unas determinadas características físico-químicas. Se realizan análisis en el laboratorio y a continuación se adjuntan las características de dichos productos.

	C1	C2	C3
Parámetros	KEMIRA PAX XL - 10	ACIDEKA DKBASIC PLUS 10	FERALCO AQUALENC F2
% Basicidad relativa	66,4	69,2	69,7
% Al₂O₃	9,38	9,21	9,13

Una vez comprobado que los productos presentados cumplen las exigencias técnicas recogidas en dicho pliego, se realizan ensayos de Jar-test en el laboratorio de la ETAP Río Iregua.

4. CONSIDERACIONES

4.1. Condiciones previas

Antes de empezar a realizar los ensayos se definen las condiciones que se van a cumplir durante todo el estudio:

- 1) Los coagulantes a ensayar deben de cumplir los requisitos de calidad establecidos en el pliego para los valores de Al_2O_3 y de Basicidad.
- 2) Los ensayos los realizará las personas que los realizan diariamente en planta, con experiencia suficiente para realizarlos.
- 3) Los aparatos utilizados para las pruebas estarán debidamente controlados y se utilizarán siempre los mismos reactivos.
- 4) Todos los ensayos se realizarán con el mismo tipo de agua, es decir, se tomará a primera hora de la mañana la cantidad suficiente de agua para realizar en el día todas las pruebas con los tres productos a ensayar.
- 5) El agua analizada será la que entre ese día en planta y si no varía la turbidez se contaminará para conseguir aguas con turbidez superior y poder comparar los productos a dosis diferentes.
- 6) Las técnicas utilizadas por el laboratorio son las habituales y están reflejadas en el sistema operativo del mismo (AMA.NI.18).
- 7) La velocidad de decantación se valora de **1 a 10** (siendo 10 la velocidad más alta y 1 la más baja) y el tamaño de los flóculos de **1 a 5** (siendo 5 el tamaño más grande y 1 el más pequeño).

4.2. Criterios de selección

Se establecen unos criterios previos para poder valorar los ensayos realizados con cada tipo de coagulante.

Se elige el coagulante idóneo para cada ensayo observando las siguientes condiciones:

- 1) El valor dado en la velocidad de decantación y tamaño de floculo sean altos.

TAMAÑO DEL FLOCULO

1	2	3	4	5
BAJO	MEDIO		ALTO	

VELOCIDAD DE DECANTACION

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
BAJO			MEDIO			ALTO			

- 2) La turbidez del agua decantada debe de ser inferior a 1 N.T.U. y en el caso de no ser así la más baja posible
- 3) El valor del aluminio residual del agua decantada sea siempre lo más bajo posible
- 4) El valor del pH no debe de cambiar sustancialmente con la dosis utilizada.
- 5) En el caso de que los coagulantes se comporten de igual forma se elige aquel coagulante que reaccione mejor a la dosis más baja y el que cumpla las condiciones citadas.

4.3 Criterios de ensayos y estudios comparativos.

- 1º) Se analiza el agua bruta midiéndose temperatura, pH y turbidez para determinar la dosis por la que se tiene que comenzar a realizar el Jar-test.
- 2º) Para cada día y con unas condiciones determinadas de agua bruta, se realizan ensayos de coagulación con diferentes dosis crecientes para cada coagulante.
- 3º) Se estudian los datos obtenidos y para cada coagulante se elige la dosis idónea observando la velocidad de decantación, tamaño del flóculo formado y analizando turbidez, pH y aluminio residual del agua decantada.
- 4º) Posteriormente y con dichos datos, se hace un estudio comparativo de los tres coagulante observando los mismos criterios antes citados, esto es, la velocidad de decantación, el tamaño del flóculo formado y turbidez, pH y aluminio residual del agua decantada.

5. ENSAYOS REALIZADOS

Las pruebas se desarrollaron entre los días 27 de marzo y 10 de abril de 2019 en las instalaciones del laboratorio de la ETAP río Iregua.

5.1. Selección de dosis idónea para cada producto

En este apartado se selecciona la dosis idónea de cada coagulante para la misma calidad de agua bruta a tratar, teniendo en cuenta el equilibrio óptimo entre una mejor turbidez en agua decantada, menor aluminio residual, mayor tamaño de flóculo, mayor velocidad de decantación con la menor cantidad de reactivo.

En los cuadros recogidos para cada uno de los ensayos, se ha remarcado la dosis óptima seleccionada para cada reactivo según los criterios antes citados.

Ensayo n°1

Características del agua bruta

Fecha y hora de recogida: 27/03/2019; 07h40'. Analista: AP

pH: 8,00 u.pH

Temperatura: 11,7 °C

Turbidez: 2,02 N.T.U.

Coagulante C1 (ppm)	15	20	25	30	35	40
Velocidad decantación	6	8	8	8	8	7
Tamaño flóculo	2	4-5	5	5	5	5
Turbidez (NTU)	0,359	0,229	0,204	0,184	0,165	0,134
pH (u.pH)	7,95	7,94	7,96	7,92	7,91	7,86
Aluminio (ppb)	279,9	257,4	295,1	283,7	279,6	260,6

Forma flóculos rápidamente.

Coagulante C2 (ppm)	15	20	25	30	35	40
Velocidad decantación	4	6	7	7	7	7
Tamaño flóculo	2	4	4	4	4	4
Turbidez (NTU)	0,360	0,272	0,233	0,196	0,177	0,176
pH (u.pH)	7,87	7,91	7,92	7,93	7,90	7,88
Aluminio (ppb)	421,7	376,9	351,9	349,4	349,7	366,4

Forma flóculo rápidamente pero más pequeño que el anterior.

Coagulante C3 (ppm)	15	20	25	30	35	40
Velocidad decantación	7	8	9	9	9	9
Tamaño flóculo	2-3	4	5	5	5	5
Turbidez (NTU)	0,409	0,332	0,312	0,265	0,230	0,245
pH (u.pH)	7,83	7,90	7,88	7,87	7,93	7,91
Aluminio (ppb)	367,1	397,3	393,9	394,0	412,3	418,6

Tarda mucho más tiempo en formar flóculos (sobre todo en dosis de 15 ppm), pero al final es más grande.

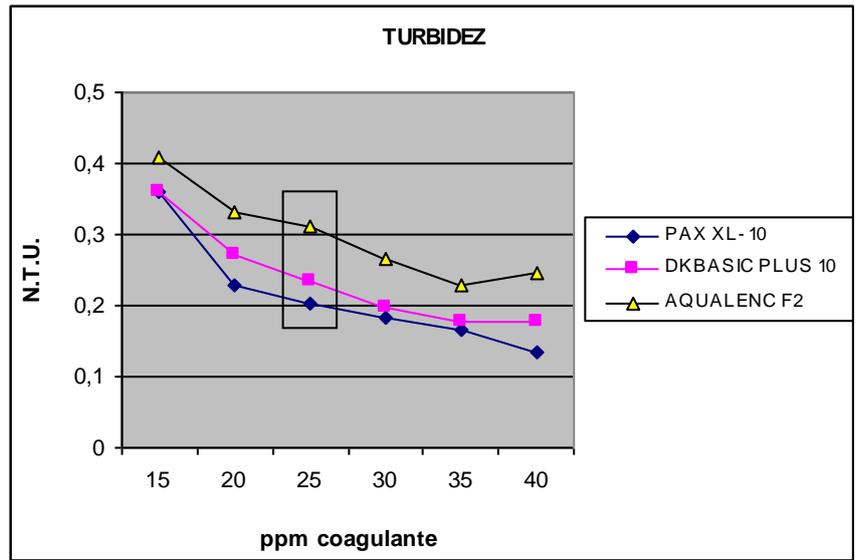
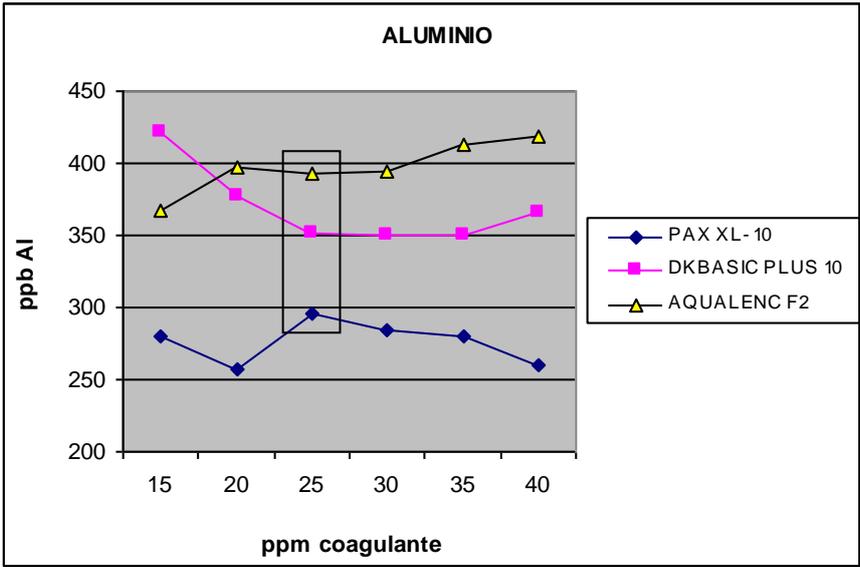
Se ha elegido como dosis óptima la de 25 ppm de coagulante. Las turbideces son menores con dosis de 30 ppm, pero por la experiencia en planta es un valor elevado para una turbidez de 2,02 N.T.U. como en este caso.

En el caso del coagulante C1 se podrían dosificar 20 ppm de coagulante, ya que los valores de aluminio y turbidez son muy buenos para el agua decantada en planta.

Conclusiones: Para una dosis de coagulante de **25 ppm**, se observa que:

- El coagulante C1 tiene valores más bajos de Al y turbidez. (Además dicho coagulante C1 permitiría dosificar dosis de 20 ppm con valores igual de buenos de Al y turbidez).
- Las diferencias de pH en todos ellos respecto al pH inicial no son sustanciales.

Nº DE COAGULANTE	C1	C2	C3
Coagulante (ppm)	25	25	25
Velocidad decantación	8	7	9
Tamaño flóculo	5	4	5
Turbidez (NTU)	0,204	0,233	0,312
pH (u.pH)	7,96	7,92	7,88
Aluminio (ppb)	295,1	351,9	393,9



Ensayo nº2

Características del agua bruta

Fecha y hora de recogida: 29/03/2019; 08h00'. Analista: AP

pH: 8,13 u.pH

Temperatura: 12,0°C

Turbidez: 59,2 N.T.U. (Turbidez conseguida utilizando tierra)

Al conseguir la turbidez añadiendo tierra las características del agua no son idénticas a las que tiene el agua realmente cuando entra turbia a planta.

Coagulante C1 (ppm)	90	100	110	120	130	140
Velocidad decantación	8-9	8-9	8-9	8-9	8-9	8-9
Tamaño flóculo	4	4	4	4	4	4
Turbidez (NTU)	0,206	0,164	0,146	0,160	0,168	0,167
pH (u.pH)	7,62	7,63	7,59	7,63	7,61	7,57
Aluminio (ppb)	217,9	220,5	316,6	244,0	203,6	238,6

Coagulante C2 (ppm)	90	100	110	120	130	140
Velocidad decantación	8	8	8	7	7	7
Tamaño flóculo	3	3	3	3	3	3
Turbidez (NTU)	0,207	0,197	0,173	0,192	0,182	0,167
pH (u.pH)	7,83	7,78	7,75	7,79	7,74	7,67
Aluminio (ppb)	222,5	198,3	264,4	195,6	182,5	198,8

Coagulante C3 (ppm)	90	100	110	120	130	140
Velocidad decantación	9	9	9	9	9	9
Tamaño flóculo	4-5	5	5	5	5	5
Turbidez (NTU)	0,285	0,244	0,210	0,253	0,193	0,168
pH (u.pH)	7,77	7,76	7,73	7,67	7,66	7,61
Aluminio (ppb)	230,6	244,9	362,6	231,4	374,0	227,95

Tarda más tiempo en formar flóculo al añadir el coagulante que los dos anteriores.

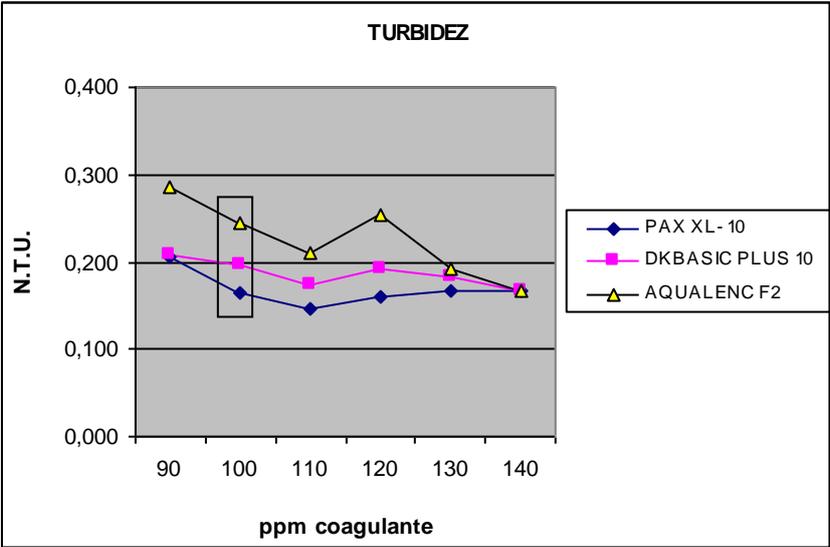
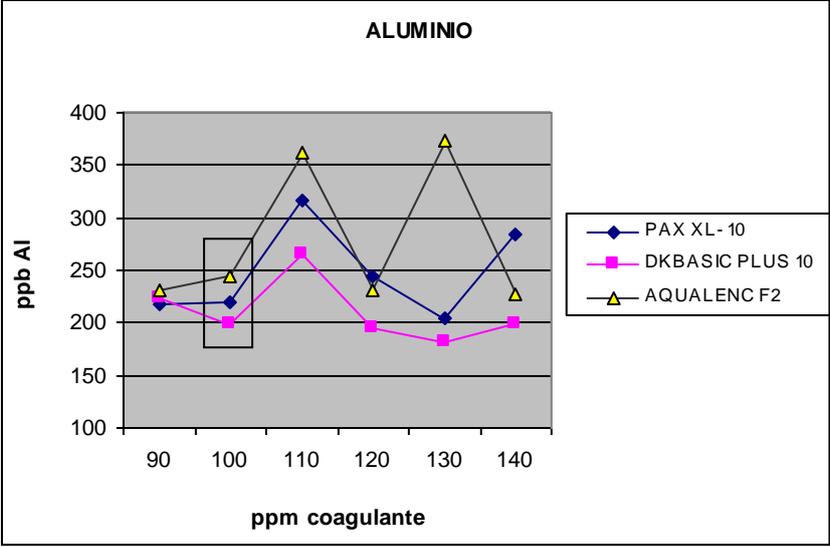
Se ha elegido como dosis óptima de coagulante 100 ppm. La turbidez es menor con 110 ppm, pero en todo caso con 100 ppm son turbideces bajas y teniendo en cuenta que los valores de aluminio para esta dosis de 100 ppm son menores se decide elegir esta dosis.

Conclusiones: Para una dosis de coagulante de **100 ppm** se observa que:

- El coagulante C3 tiene el mejor tamaño de flóculos.
- El coagulante C1 tiene el menor valor de turbidez y el coagulante C2 de aluminio
- Las diferencias de pH respecto al pH inicial son entre -0,3 y -0,5 u.pH, considerando esta diferencia como no sustancial.

Nº DE COAGULANTE	C1	C2	C3
Coagulante (ppm)	100	100	100
Velocidad decantación	8-9	8	9
Tamaño flóculo	4	3	5
Turbidez (NTU)	0,164	0,197	0,244
pH (u.pH)	7,63	7,78	7,76
Aluminio (ppb)	220,5	198,3	244,9

Los tres coagulantes presentan resultados muy buenos, teniendo en cuenta las características especiales del agua bruta de este ensayo que ha sido enturbiada con tierra.



Ensayo n°3

Características del agua bruta

Fecha y hora de recogida: 01/04/2019; 07h50'. Analista: AP

pH: 8,04 u.pH

Temperatura: 13,0 °C

Turbidez: 3,23 N.T.U.

Coagulante C1 (ppm)	15	20	25	30	35	40
Velocidad decantación	7	8	8	8	8	8
Tamaño flóculo	2	3-4	5	5	5	5
Turbidez (NTU)	0,392	0,302	0,249	0,206	0,195	0,183
pH (u.pH)	7,98	7,96	7,97	7,96	7,89	7,93
Aluminio (ppb)	523,7	491,2	442,6	388,8	427,6	399,3

Coagulante C2 (ppm)	15	20	25	30	35	40
Velocidad decantación	5	6	7	7	7	7
Tamaño flóculo	1	2	3	3	3	3
Turbidez (NTU)	0,402	0,312	0,252	0,217	0,205	0,203
pH (u.pH)	7,86	7,89	7,94	7,95	7,92	7,90
Aluminio (ppb)	485,9	486,6	489,9	502,9	521,2	468,1

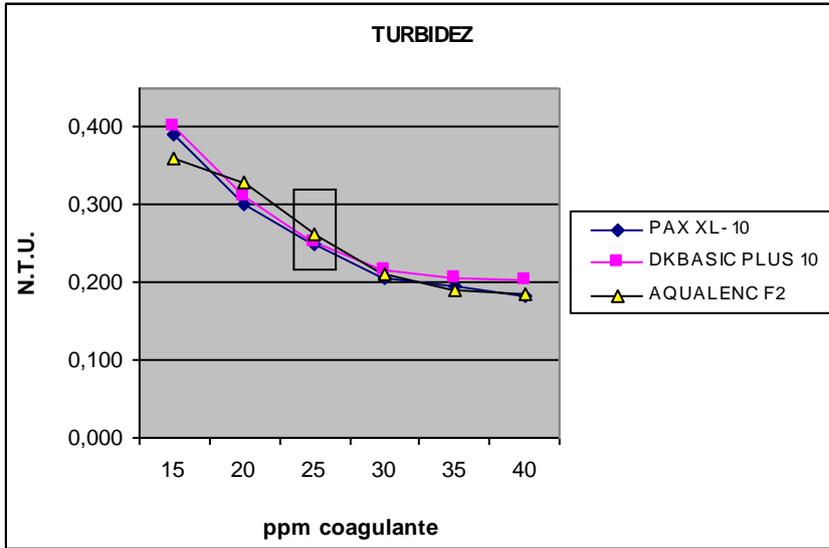
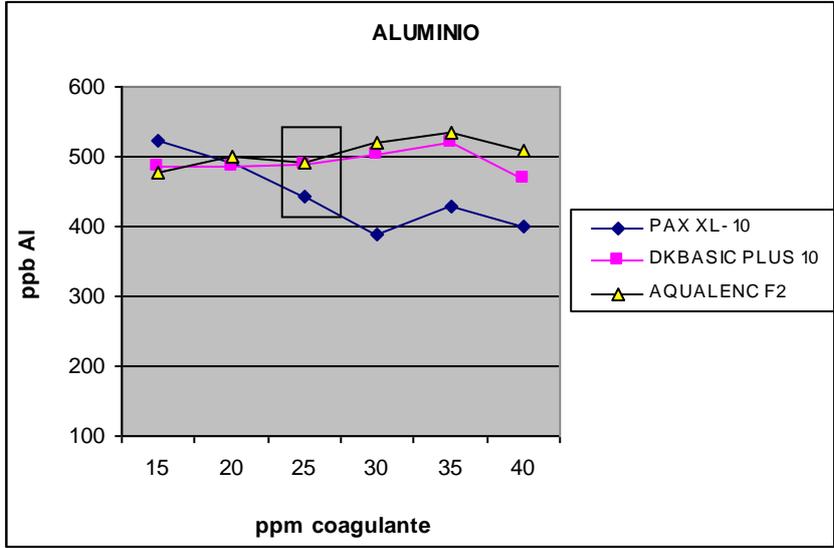
Coagulante C3 (ppm)	15	20	25	30	35	40
Velocidad decantación	6	7	9	9	9	9
Tamaño flóculo	3	4	5	5	5	5
Turbidez (NTU)	0,360	0,330	0,262	0,212	0,191	0,185
pH (u.pH)	7,93	7,89	7,91	7,90	7,91	7,91
Aluminio (ppb)	476,2	500,2	491,8	519,6	534,0	509,0

Se ha elegido como dosis óptima la de 25 ppm de coagulante. Las turbideces son menores con dosis de 30 ppm, pero por la experiencia en planta es un valor elevado para una turbidez de 3,23 N.T.U. como en este caso, y los valores de aluminio son peores, excepto en el caso del coagulante C1.

Conclusiones: Para una dosis de coagulante de **25 ppm**, se observa que:

- El coagulante C3 tiene la mejor velocidad de decantación.
- El coagulante C1 da valores ligeramente inferiores en Al. Los valores de turbidez se pueden considerar similares en los tres.
- Las diferencias de pH en todos ellos respecto al pH inicial no son sustanciales.

Nº DE COAGULANTE	C1	C2	C3
Coagulante (ppm)	25	25	25
Velocidad decantación	8	7	9
Tamaño flóculo	5	3	5
Turbidez (NTU)	0,249	0,252	0,262
pH (u.pH)	7,97	7,94	7,91
Aluminio (ppb)	442,6	489,9	491,8



Ensayo n^o4

Características del agua bruta

Fecha y hora de recogida: 09/04/2019; 07h45'. Analista: AP

pH: 8,06 u.pH

Temperatura: 12,8 °C

Turbidez: 2,10 N.T.U.

Coagulante C1 (ppm)	15	20	25	30	35	40
Velocidad decantación	6	7	8	8	8	8
Tamaño flóculo	3	4	5	5	5	5
Turbidez (NTU)	0,403	0,334	0,274	0,246	0,230	0,194
pH (u.pH)	7,999	7,98	8,00	8,00	8,00	7,99
Aluminio (ppb)	356,6	412,0	393,4	427,3	424,0	365,8

Coagulante C2 (ppm)	15	20	25	30	35	40
Velocidad decantación	6	6	7	7	7	7
Tamaño flóculo	2	3	3	4	4	4
Turbidez (NTU)	0,420	0,348	0,270	0,214	0,191	0,184
pH (u.pH)	8,02	8,03	8,03	8,00	7,99	7,97
Aluminio (ppb)	398,5	439,1	392,8	394,7	373,4	371,2

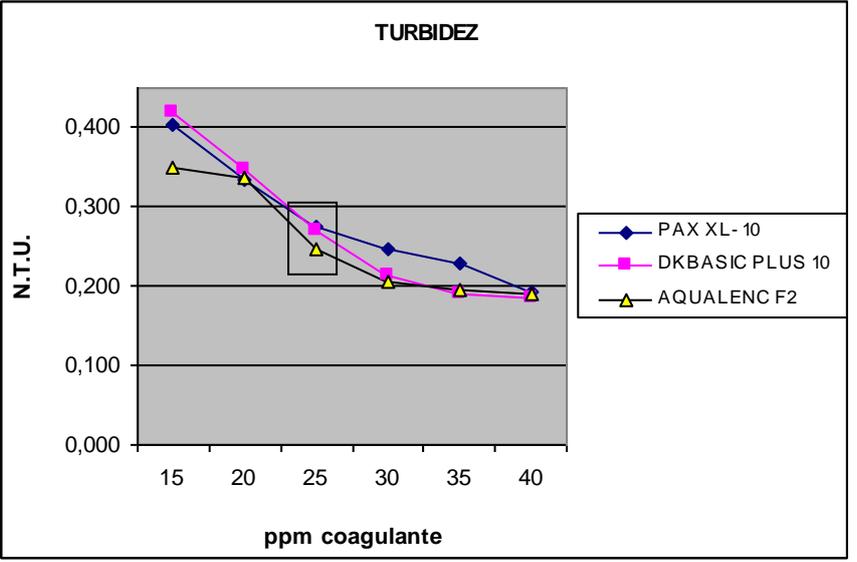
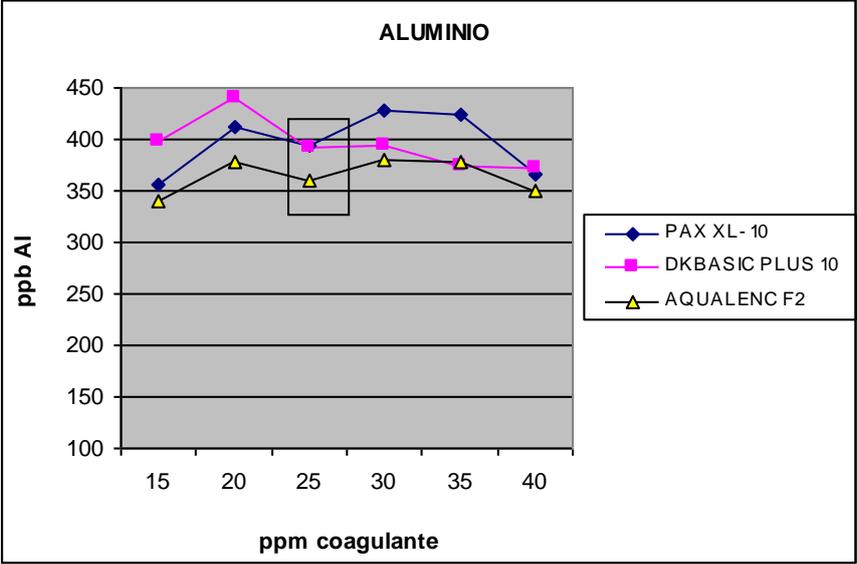
Forma flóculo rápidamente pero más pequeño que el anterior.

Coagulante C3 (ppm)	15	20	25	30	35	40
Velocidad decantación	7	7	8	8	8	8
Tamaño flóculo	3	4	5	5	5	5
Turbidez (NTU)	0,350	0,337	0,248	0,207	0,195	0,190
pH (u.pH)	7,97	8,01	8,00	7,99	7,97	7,97
Aluminio (ppb)	340,7	377,9	361,0	379,3	377,6	350,5

Conclusiones: Para una dosis de coagulante de **25 ppm**, se observa que:

- El coagulante C3 tiene valores ligeramente más bajos de Al y turbidez, pero se podría considerar que los tres coagulantes funcionan de manera muy similar.
- Las diferencias de pH en todos ellos respecto al pH inicial no son sustanciales.

Nº DE COAGULANTE	C1	C2	C3
Coagulante (ppm)	25	25	25
Velocidad decantación	8	7	8
Tamaño flóculo	5	3	5
Turbidez (NTU)	0,274	0,270	0,248
pH (u.pH)	8,00	8,03	8,00
Aluminio (ppb)	393,4	392,8	361,0



Ensayo nº5

Características del agua bruta

Fecha y hora de recogida: 10/04/2019; 08h35'. Analista: AJ

pH: 8,07 u.pH

Temperatura: 13,8°C

Turbidez: 1,61 N.T.U.

Coagulante C1 (ppm)	15	20	25	30	35	40
Velocidad decantación	3	4	8	8	8	8
Tamaño flóculo	2	3	3	3	3	3
Turbidez (NTU)	0,324	0,281	0,220	0,184	0,175	0,160
pH (u.pH)	7,99	7,98	7,96	7,94	7,90	7,86
Aluminio (ppb)	327,9	333,4	346,8	348,9	334,7	335,6

Coagulante C2 (ppm)	15	20	25	30	35	40
Velocidad decantación	3	6	7	7	8	8
Tamaño flóculo	1	2	3	3	3	3
Turbidez (NTU)	0,370	0,340	0,292	0,247	0,220	0,180
pH (u.pH)	7,96	7,95	7,87	7,88	7,87	7,86
Aluminio (ppb)	337,3	372,1	374,8	367,6	386,1	367,4

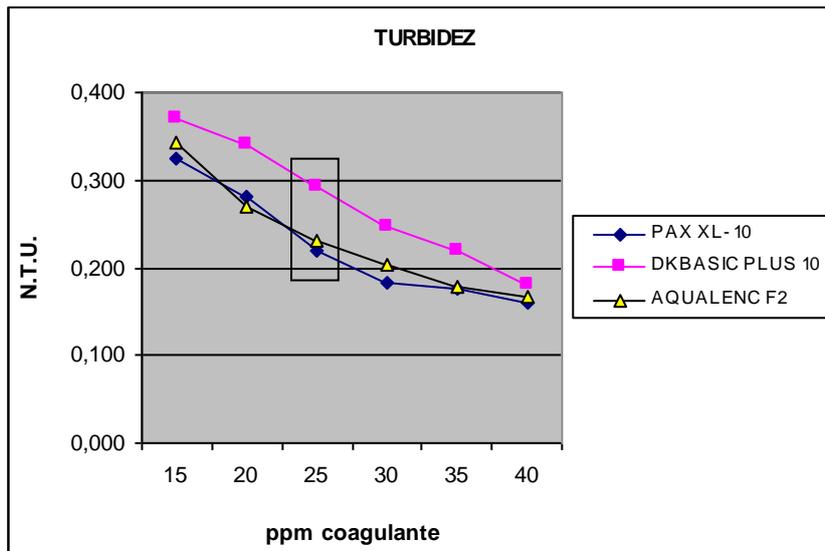
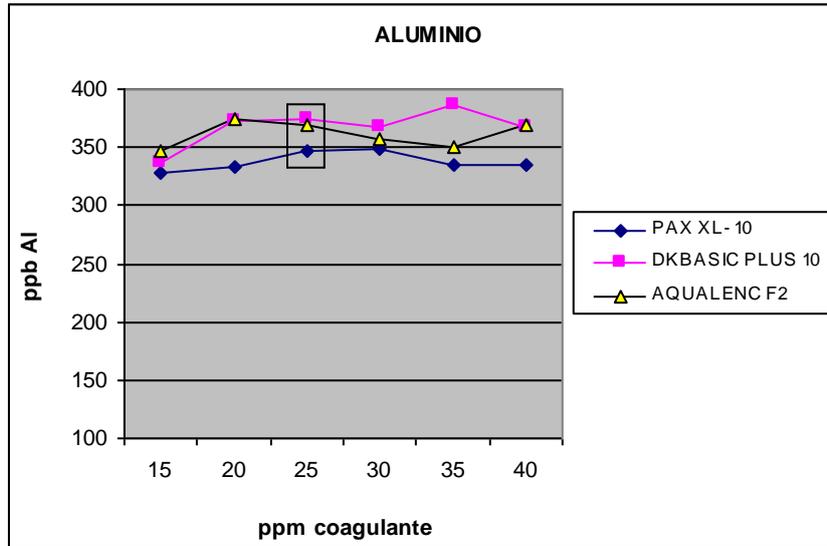
Forma flóculo rápidamente pero más pequeño que el anterior.

Coagulante C3 (ppm)	15	20	25	30	35	40
Velocidad decantación	4	6	8	8	8	8
Tamaño flóculo	2	4	4	4	4	4
Turbidez (NTU)	0,344	0,270	0,232	0,204	0,179	0,167
pH (u.pH)	8,00	7,97	7,91	7,86	7,88	7,87
Aluminio (ppb)	346,3	373,8	369,1	357,0	350,3	369,6

Conclusiones: Para una dosis de coagulante de 25 ppm se observa que:

- El coagulante C3 tiene el mejor tamaño de flóculo.
- El coagulante C1 tienen los menores valores de aluminio y turbidez, pero se puede considerar que C1 y C3 actúan de manera similar y C2 deja un valor de turbidez ligeramente superior. .
- Las diferencias de pH en todos ellos respecto al pH inicial no son sustanciales

Nº DE COAGULANTE	C1	C2	C3
Coagulante (ppm)	25	25	25
Velocidad decantación	8	7	8
Tamaño flóculo	3	3	4
Turbidez (NTU)	0,220	0,292	0,232
pH (u.pH)	7,96	7,87	7,91
Aluminio (ppb)	346,8	374,8	369,1



6. CONCLUSIONES FINALES

A la vista de los resultados obtenidos en los ensayos realizados se considera lo siguiente:

1. Los tres coagulantes cumplen los requisitos físico-químicos exigidos en el pliego de condiciones técnicas.
2. Los tres coagulantes pueden utilizarse en este tipo de agua bruta sin que se modifique sustancialmente el pH después del tratamiento.
3. El coagulante C3 presenta en casi todos los ensayos los mejores valores en cuanto a tamaño de flóculo y velocidad de decantación, pero esto no se traduce en los mejores resultados de turbidez ni de aluminio residual en agua decantada.
4. En los tres coagulantes, en las dosis elegidas como óptimas para cada caso, los resultados son aceptables para el proceso de potabilización en planta y en sintonía con los valores habituales, si bien existen algunas diferencias entre ellos en función de las características del agua y del parámetro a estudiar, que son:
 - a. El coagulante C1 presenta los mejores resultados en valores de aluminio. Y los C2 y C3 son similares entre sí en este parámetro.
 - b. En el caso de la turbidez el coagulante C1 presenta los mejores resultados en todos los ensayos, seguido del C3 y luego del C2

ETAP Río Iregua, 12 de abril de 2019.



Fdo.: Alicia López Llaría
Responsable de Laboratorio