

Características químicas orgánicas e inorgánicas del entorno marino de la Central Térmica de Jinámar

Javier Gracia Martín

D. Juan Emilio González González (Director)

La Central Térmica de Jinámar es una industria dedicada a la producción de energía eléctrica, con una necesidad de agua y producción de efluentes. El objetivo es determinar la calidad de las aguas del entorno de dicha industria. Para ello se van a realizar análisis de parámetros orgánicos e inorgánicos tanto de los efluentes (4 puntos) de la central como de las aguas receptoras del entorno marino (20 puntos). Los resultados muestran un entorno marino que no se ve afectado por la central ya que no hay diferencias significativas con respecto a dos puntos más alejados de la central.

Jinámar Power Plant is dedicated to the electrical energy production, with a need for water and effluent production. The objective of this study is to determine water quality of the environment of the industry. For this, we analyzed the organic and inorganic parameters of these effluents (4 points) and of the receiving marine water (20 points). The results showed a marine environment that is not affected by the power plant as there is no significant difference between two points away from the plant.

Introducción

La Isla de Gran Canaria, como cualquier territorio insular, presenta una intensa relación con su litoral. El litoral es para nuestra Isla, un recurso importantísimo. En él se asienta la base principal de su economía, la mayor parte de su población humana, vive en relación directa con el litoral, no solo por razones de residencia; existe una altísima densidad de población asentada muy próxima al mar, además la forma principal de obtención de los recursos de la Isla, está en relación con el litoral: los puertos, la pesca, las industrias, parte de la agricultura y de forma muy importante, el turismo.

Entre los factores importantes, se encuentran los problemas de eliminación de las aguas generadas en una industria, tan importante para la Región Canaria como es la suministradora de energía eléctrica a parte de la Isla.

Este artículo tiene cuatro objetivos muy claros: en primer lugar estudiar la red de evacuación y tratamiento de los vertidos de la Central Térmica, así como, la caracterización físico-química de dichos vertidos, por contaminación orgánica e inorgánica, en segundo lugar el estudio de los vertidos de agua de refrigeración y su impacto térmico en el entorno de la Central, en tercer lugar las aguas receptoras y finalmente el estudio de sedimentos marinos

en el entorno de trabajo de la Central, donde se producen los vertidos al medio marino.

El análisis de los vertidos se va a dividir en dos tipos, análisis simplificado y análisis completo. La toma de muestra de los efluentes se realizará en las arquetas de cabecera de las conducciones de vertido. El análisis simplificado se realizó al vertido procedente de la balsa de homogenización de la Central Térmica de Jinámar, y se le ha determinado el contenido de aceites y grasas, realizándose un total de 12 muestreos al año.

El análisis completo de los efluentes conlleva la realización de pH, conductividad, sólidos en suspensión, nitratos, oxígeno disuelto, acei-



Artículo patrocinado por

Endesa

tes y grasas, amonio, cobre, COT, cromo, hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's), hierro, níquel, sulfuros, temperatura, vanadio, zinc, cianuros, fenoles, detergentes, cadmio, arsénico, manganeso, mercurio, plomo, color. Realizándose dos muestreos al año. Y siendo los puntos a analizar cuatro: balsa de homogenización, Potabilizadora y grupos vapor 1, 2 y 3, grupos diesel 1, 2 y 3 y agua de refrigeración diesel 4 y 5.

En cuanto al control de aguas receptoras se han realizado muestreos en el entorno marino de la Central de Jinámar. En cada muestreo se han tomado 20 puntos y 2 puntos adicionales alejados del entorno marino de los vertidos de la central. Al igual que antes se realizó un análisis simplificado y otro completo:

- **Análisis simplificado:** se realizarán 8 muestreos a lo largo del año analizándose pH, sólidos en suspensión, oxígeno, temperatura y color.
- **Análisis completo:** se realizarán dos muestreos al año analizándose oxígeno, nitratos, amonio, cianuros, cobre, COT, cromo, detergentes, fenoles, HAP, hierro, níquel, salinidad, sulfuros, temperatura, vanadio, zinc, cadmio, arsénico, manganeso, mercurio y plomo.

En cuanto al estudio térmico, se han realizado medidas en 20 puntos de la zona de impacto, en cada uno de los puntos se han tomado

Se han analizado 20 puntos establecidos en radios para valorar el impacto térmico de las aguas en el entorno de la central de Jinámar

temperaturas a las profundidades de 1, 2, 5 y 10 metros. La localización de estos 20 puntos se ha adecuado a semicírculos tomando como centro el punto de descarga del agua de refrigeración. Se han trazado 4 semicírculos con radios de 175, 350, 500 y 1000 m.

Metodología

Las muestras fueron tomadas con las precauciones necesarias para que las muestras fueran representativas y que no experimentaran alteraciones en su composición, durante la manipulación y transporte al laboratorio. Los tipos de envase a utilizar dependen del tipo de análisis a realizar. Asimismo, dichos envases requieren un tratamiento previo de limpieza, esterilización, etc, en función de los parámetros a determinar. Existen una serie de precauciones básicas para la toma de muestras, entre las que se encuentra la de lavar el envase dos o tres veces con el agua que se va a recoger antes de llenarlo con la muestra, a menos que dicho recipiente

contenga un conservante. Los métodos utilizados para el análisis de los diferentes parámetros se muestran en la tabla 1.

Vamos a hacer especial hincapié en los compuestos orgánicos (HAP y Fenoles) y en los metales pesados, ya que son los analitos que mayor dificultad conlleva su análisis debido a los equipos especiales y metodología especial que conlleva.

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) son compuestos orgánicos hidrocarbonados (contienen exclusivamente átomos de hidrogeno y carbono) que contienen dos o más anillos bencénicos unidos en diferentes configuraciones y que pueden tener sustituyentes en diferentes posiciones. Normalmente los anillos son de benceno, pero algunos hidrocarburos están basados en estructuras que contienen grupos alquilo (grupo derivado de un alcano por eliminación de uno de sus átomos de hidrógeno). Tienen como fórmula general $C_nH_{(2n+1)}$.

Los HAP analizados en este estudio son: Acenaphtene, Acenaphthylene, Anthracene, Benzo[a] Anthracene, Benzo[b] Fluoranthene, Benzo[k] Fluoranthene, Benzo[g,h,i] perylene, Benzo[a] Pyrene, Chrysene, Dibenzo[a,h] Anthracene, Fluoranthene, Fluorene, Indeno [1, 2,3-c,d] pyrene, Naphthalene, Phenanthrene y Pyrene.

El fenol es un hidroxiderivado del benceno que se utiliza para la fabricación de resinas sintéticas, colorantes, medicamentos (como anti-sépticos y anestésicos locales), pla-

Tabla 1. Métodos analíticos utilizados

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO ANALÍTICO	NORMAS
Aceites y grasas	mg/l	Extracción con hexano	APHA 5520 B
Aluminio	mg Al/l	Absorción atómica	APHA 3500-AI B
Amonio	Mg NH ₄ ⁺ /l	Espectrofotometría visible	APHA 4500-NH ₃ -C
Cadmio	mg Cd/l	Absorción atómica	APHA 3500 Cd
COT	mg C/l	Espectrofotometría visible	APHA 5310 B
Cianuros	mg CN ⁻ /l	Espectrofotometría visible	APHA 4500 CN-E
Cloro libre y combinado	mg Cl ₂ /l	Espectrofotometría visible	APHA 4500 Cl
Cobre	mg Cu/l	Absorción atómica	APHA 3500 Cu
Detergentes	mg/l	Espectrofotometría visible	APHA 5540 C
Hierro	mg Fe/l	Absorción atómica	APHA 3500 Fe
HAP	mg/L	Extracción Líq-Líq.	---
Manganeso	mg Mn/l	Absorción atómica	APHA 3500 Mn
Mercurio	mg Hg/l	Absorción atómica	APHA 3500 Hg
Níquel	mg Ni/l	Absorción atómica	APHA 3500 Ni
Oxígeno disuelto	mg O ₂ /l	Oxímetro	PEE/CAF/A03 Rev.5
pH	---	pH-metro	PEE/CAF/A28 Rev. 4
Plomo	mg Pb/l	Absorción atómica	APHA 3500 Pb
Salinidad	g NaCl/l	Salinómetro	---
Sólidos en suspensión	mg/l	Filtración y gravimetría	PEE/CAF/A30 Rev. 6
Sulfitos	Mg SO ₃ ⁻ /l	Volumetría	APHA 4500-SO ₃ ⁻
Sulfuros	mg SO ₄ ²⁻ /l	Espectrofotometría visible	APHA 4500 S2-D
Temperatura	° C	Sonda de temperatura	---
Vanadio	mg V/l	Absorción atómica	APHA 3500-V
Zinc	mg Zn/l	Absorción atómica	APHA 3500 Zn

guicidas, sustancias aromáticas, aceites lubricantes, plásticos, reactivos químicos, antioxidantes, entre otros. Es un compuesto orgánico de fórmula empírica C₆H₆O y peso molecular 94 g/mol.

Los fenoles analizados en este estudio son: 2,3-Dimethylphenol, 2,4-Dimethylphenol, 2,5-Dimethylphenol, 2,6-Dimethylphenol, 3,4-Dimethylphenol, 3,5-Dimethylphenol, 2-Methylphenol, 3-Methylphenol, 4-Methylphenol, Phenol, 2,3,5-Tri-methylphenol, 2,3,6-Trimethylphenol, 2,4,6-Trimethylphenol, 3,4,5-Tri-methylphenol, 4-Chloro-3-methyl-phenol, 2-Chlorophenol, 2,4-Dichlorophenol, Pentachlorophenol, 2,3,4,6-Tetrachlorophenol, 2,3,4-Trichlorophenol, 2,3,6-Trichlorophe-

mol, 2,4,6-Trichlorophenol y 2-Nitrophenol.

Los metales siempre han formado parte de la composición natural de las aguas. Sin embargo, la carga metálica en los ecosistemas acuáticos, está aumentando continuamente, como consecuencia de los aportes provocados por las actividades humanas de producción y consumo.

La importancia que tiene el estudio de metales pesados en aguas y sedimentos es por su elevada toxicidad, alta persistencia y rápida acumulación por los organismos vivos. Sus efectos tóxicos de los metales pesados no se detectan fácilmente a corto plazo, aunque sí puede haber una incidencia muy im-

portante a medio y largo plazo. Los metales son difíciles de eliminar del medio, puesto que los propios organismos los incorporan a sus tejidos y de éstos a sus depredadores, en los que se acaban manifestando.

Para el análisis de compuestos HAP y fenoles se uso la micro extracción en fase sólida (SPME) debido a la alta volatilidad de los analitos. Esta alta volatilidad repercutía en la pérdida de los analitos si se hubieran extraído mediante disolventes orgánicos, ya que se pierden en la fase de destilación. SPME es una nueva técnica de extracción para compuestos orgánicos, que se basa en la adsorción de los analitos por una fase sólida inmovilizada so-

Tabla 2. Tipos de fibras de SPME

FAMILIA DE COMPUESTOS	FASE ESTACIONARIA DE LA FIBRA	ESPESOR (μM)	TEMPERATURA MÁXIMA DE TRABAJO
Fenoles	Poliacrilato	85	320
PAH's	Polidimetilsiloxano	100	280

Tabla 3. Gradiente de temperaturas en el análisis de fenoles

FENOLES			
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Velocidad ($^{\circ}\text{C}/\text{min}$)	Duración (min)	Total (min)
80	-	3	3
220	5	0	31
300	30	5	38.67

Tabla 4. Gradiente de temperaturas para el análisis de HAP

HAP			
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Velocidad ($^{\circ}\text{C}/\text{min}$)	Duración (min)	Total (min)
80	-	3	3
100	25	3	6.80
200	8	2	21.30
260	8	2	30.80
280	2	2	42.80
300	25	5	48.60

bre una fibra de sílice fundida. Una vez alcanzado el equilibrio, los compuestos adsorbidos se desorben térmicamente en el inyector de un cromatógrafo de gases.

En la tabla 2 se pueden apreciar los tipos de fibras elegidos para el análisis de cada grupo de compuestos y el material activo del que están compuestas.

Nuestro cromatógrafo de gases-masas esta compuesto de un inyector modelo 1079 de la casa Varian que nos permite hacer rampas de temperatura (PTV, programación variable de la temperatura). Este inyector puede trabajar en modo split o splitless, esto quiere decir que podemos dividir o no el caudal de helio que entra en nuestro equipo. De esta forma, si trabajamos en splitless, podemos conseguir mayor sensibilidad.

A continuación se muestran en las tablas 3 y 4 los gradientes de temperatura de los diferentes parámetros analizados. A mayor sea la temperatura mayor será la presión de vapor de los analitos, en consecuencia el análisis será más rápido pero será menor la separación, por ello debemos optimizar la temperatura para que los analitos se obtengan bien resueltos como para evitar errores y a su vez que el análisis no se dilate en el tiempo excesivo que eleve los costes. En definitiva que la temperatura de la columna depende del punto de ebullición de la muestra y del grado de separación de la muestra; para muestras con un intervalo amplio de puntos de ebullición habrá que realizar una programación de la temperatura del horno. No obstante no solo por la presión de vapor

se van a separar los analitos, sino que la polaridad de estos tendrá un papel muy importante.

El proceso de medida en un espectrómetro de masas puede ser esquematizado de la siguiente manera:

- Introducción de muestra y generación de la fase gaseosa.
- Ionización.
- Separación de los iones de acuerdo a la relación m/z.
- Detección del analito de acuerdo a su abundancia.

En el análisis del contenido de metales en agua de mar se tiende a utilizar métodos de una gran sensibilidad y de esta forma evitar tener que preconcentrar las muestras lo que en ocasiones produce problemas de exactitud y precisión. Para desarrollar un método de aná-

Tabla 5. Condiciones instrumentales de la cámara de grafito

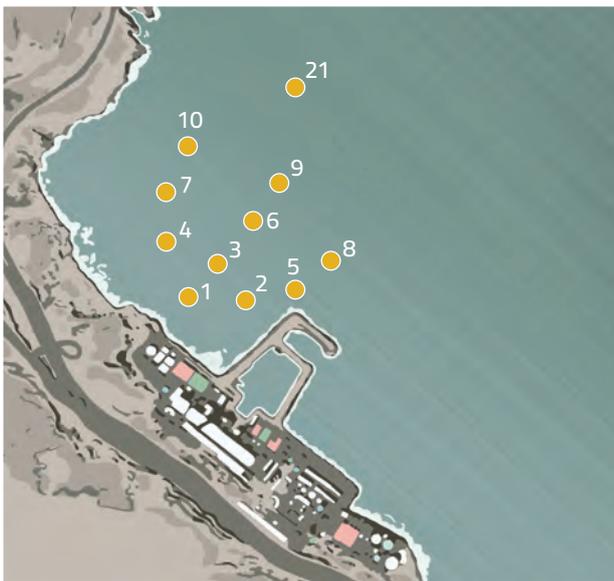
Metal	λ (nm)	T ^a Pirólisis (°C)	T ^a Atomización (°C)	Tipo Tubo	Modificador
As	193.7	1400	2600	Con plataforma	Pd
Cr	357.9	1300	2600	Sin Plataforma	Pd+NH ₄ NO ₃
Cu	324.8	1200	2100	Sin Plataforma	Pd+NH ₄ NO ₃
Hg	253.7	-	Hidruros	Celda Cuarzo	-
Mn	279.5	900	2400	Sin Plataforma	Pd+NH ₄ NO ₃
Ni	232.0	1000	2400	Sin Plataforma	Pd+NH ₄ NO ₃
Pb	283.3	750	2100	Con Plataforma	Pd+NH ₄ NO ₃
V	318.5	1400	2700	Sin Plataforma	Pd+NH ₄ NO ₃
Zn	213.9	500	1900	Con Plataforma	-

lisis debemos tener en cuenta los parámetros de los que depende. Dentro de ellos podemos encontrar la longitud de onda, el perfil de temperaturas, el modificador químico,

tras muestras son de agua de mar, el NaCl nos va a suponer una interferencia ya que al someterlo a calentamiento dentro del horno, se va a producir una dispersión de la luz

Resultados y discusión

Se ha procedido al análisis de las aguas de los efluentes de la Central Térmica de Jinámar, así como las

Figura 1 y 2. Ubicación de los puntos de muestreo


el tipo de tubo de grafito... En todos los casos, estos parámetros dependerán del tipo de analito que estemos determinando. En la tabla 5 podemos ver algunos de estos parámetros instrumentales.

Dentro de los modificadores de matriz, hemos usado el de Pd como el más efectivo y debido a que nues-

correspondiente al humo formado por el NaCl. Así pues, hemos añadido el modificador de NH₄NO₃ y de esta forma nuestro modificador es una mezcla de Pd y NH₄NO₃. El NH₄NO₃ hace que disminuya la interferencia de NaCl porque se formara NH₄Cl y NaNO₃ que son dos productos más fáciles de eliminar.

aguas receptoras y los sedimentos marinos. Dichos análisis han abarcado desde parámetros inorgánicos como orgánicos. Para los efluentes se han establecido un análisis mensual del vertido de la balsa de homogenización que ha presentado unos valores que oscilan entre < 2.5 mg/L y los 5.0 mg/L de aceites y

Tabla 6. Resultados del primer análisis completo de los efluentes

PARÁMETRO		PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4
		16/03/09	16/03/09	16/03/09	16/03/09
pH	----	7,52	8,10	8,11	8,13
Conductividad	μS/cm	4190	54.300	54.500	54.500
Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	4,87	7,14	6,99	7,03
Sólidos en suspensión	mg/l	3,2	< 2,5	< 2,5	< 2,5
Nitratos	mg NO ₃ -/l	1,98	0,333	0,278	0,290
Aceites y Grasas	mg/l	5,9	< 2,5	< 2,5	< 2,5
COT	mg C/l	< 10	< 10	<10	< 10
Cromo	mg Cr/l	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
Vanadio	mg V/l	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20
Níquel	mg Ni/l	0,086	< 0,050	< 0,050	< 0,050
Cobre	mg Cu/l	<0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050
Hierro	mg Fe/l	0,17	0,09	0,13	0,15
Cinc	mg Zn/l	0,082	< 0,020	< 0,020	< 0,020
Sulfuros	mg S ²⁺ /l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Amonio	mg NH ₄ ⁺ /l	0,421	<0,323	< 0,323	< 0,323
H.A.P.	μg/l	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
Arsénico	mg/l	< 0,025	< 0,025	< 0,025	< 0,025
Cadmio	mg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Manganeso	mg/l	0,025	< 0,020	< 0,020	< 0,020
Mercurio	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Plomo	mg/l	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050
Cianuros	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Detergentes	mg/l	0,245	0,072	0,014	0,029
Fenoles	mg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Color	Pt-Co	< 1	< 1	< 1	< 1
Temperatura	°C	20.5	19.6	19.6	19.8

grasas. Y dos análisis completos que han sido muy similares y que uno de ellos se puede observar en la tabla 6.

A su vez se han realizado ocho muestreos simplificados de las aguas receptoras a lo largo de un año obteniéndose resultados de sólidos en suspensión, color, pH, oxígeno disuelto y temperatura no diferentes de los dos puntos alejados de la central. También se han realizado dos muestreos completos de estas aguas receptoras en los que se ha analizado oxígeno disuelto, nitratos, amonio, cianuros, cobre,

COT, cromo, detergentes, fenoles, HAP, hierro, níquel, salinidad, sulfuros, temperatura, vanadio, zinc, cadmio, arsénico, manganeso, mercurio y plomo; cuyos resultados tampoco son diferentes de los dos puntos tomados como blanco.

También se han obtenido los resultados del estudio de sedimentos marinos en el entorno de trabajo de la Central, donde se producen los vertidos al medio marino. Todas las muestras fueron tamizadas y se tomó la fracción <0.63 μm para la digestión y análisis de las mismas. Los resultados de los metales

pesados obtenidos en los sedimentos marinos se pueden ver en la tabla 7.

Con respecto al estudio del impacto térmico, se han trazado cuatro semicírculos de radios 175, 350, 500 y 1000 metros, que se han interceptado con cinco radios. Lo que supone 20 puntos de estudio en la zona de impacto. Los resultados no muestran diferencias apreciables con respecto al agua saliente de los vertidos.

Tabla 7. Resultados de los metales pesados de los sedimentos marinos

Punto	Cu	Zn	V	Ni	As	Cr	Pb	Mn	C.O.T.	Hg
1	13	105	113	186	0,6	132	10	19	1105	< 0,5
2	6	95	109	174	0,9	198	8	31	1230	< 0,5
3	13	123	93	201	0,7	141	8	21	1455	0,5
4	14	106	76	187	0,9	103	12	47	1560	< 0,5
5	10	187	131	186	0,4	166	4	33	1705	< 0,5
6	7	141	100	178	0,7	141	5	25	1110	< 0,5
7	6	194	72	203	1,3	142	6	36	1235	< 0,5
8	12	208	89	187	0,7	128	8	42	1465	0,6
9	9	193	87	147	0,9	139	9	19	1215	< 0,5
10	7	109	113	101	1,1	130	10	18	1285	< 0,5
11	7	131	185	121	1,4	187	3	33	1345	< 0,5
12	26	107	93	144	1,7	147	13	34	1450	< 0,5
13	15	155	112	169	1,3	177	9	26	1600	< 0,5
14	23	164	55	133	1,4	163	4	29	1055	< 0,5
15	16	141	112	194	1,6	153	4	41	1195	0,6
16	18	126	106	181	1,6	146	11	38	1235	< 0,5
17	12	143	91	217	0,9	169	9	45	1475	< 0,5
18	9	152	116	199	1,1	109	4	40	1420	< 0,5
19	13	143	87	105	1,0	101	4	19	1605	< 0,5
20	28	198	113	140	0,8	135	6	26	1350	< 0,5
21	14	178	96	174	1,0	183	7	24	1625	< 0,5
22	21	156	123	112	0,7	174	11	22	1385	< 0,5

Conclusiones

En el proyecto llevado a cabo, se ha pretendido realizar un estudio de parámetros inorgánicos y orgánicos de las aguas (todo tipo) de la central térmica de Jinámar para poder establecer la calidad de las mismas.

Para ello se han hecho análisis de las aguas receptoras de la central térmica, habiéndose realizado un total de ocho muestreos simplificados y dos muestreos completos. Dichos muestreos tienen un barrido un total de 20 puntos y otros dos puntos adicionales más alejados que se trataron como dos blancos. El resultado de estos análisis muestra unas aguas libres de

aspectos contaminantes derivados de la central térmica ya que no se aprecian diferencias significativas con respecto a los dos puntos tomados como blanco, por lo menos en los parámetros inorgánicos y orgánicos estudiados.

Además también se han analizado los cuatro efluentes de la central térmica. Dichos efluentes se han analizado una vez al mes como análisis simplificado, haciendo un total de doce muestreos y dos veces al año del análisis completo. Los resultados de los efluentes tampoco muestran una elevada contaminación, ni en el caso de la balsa de homogenización.

Además también se procedió al análisis de los sedimentos del en-

torno marino de la central térmica de Jinámar, para ello se tomaron muestras en los mismos 22 puntos y se analizó los metales pesados. Los resultados obtenidos en los 20 puntos cercanos a la central no son muy diferentes de los dos puntos más alejados.

Finalmente, también se ha realizado un estudio del impacto térmico de las aguas en el entorno de la central de Jinámar, para lo cual se han descrito otros veinte puntos establecidos en radios. En estos puntos se ha tomado muestras de agua a diferentes profundidades y el resultado no muestra que halla incidencia térmica sobre el entorno marino.

Referencias bibliográficas

- Cook J. W., Hewett C. L., Hieger I., (1933) "The isolation of a cancer-producing hydrocarbon from coal tar.", *J. Chem. Soc.*, 1, 395-405.
- Lei L., Khodadoust A.P., Suidan M.T., Tabak H.H., (2005) "Biodegradation of sediment-bound PAH's in field contaminated sediment", *Water Research*, 39, 349-361.
- Aneez P., Kunhi A., (1999) "Degradation of High Concentration of Cresol by Pseudomonas", *J. Microbiol. Biotechnol.*, 15, 321-323, 1999.
- Murray K.S., (1996) "Statistical comparisons of heavy metals concentrations in river sediments.", *Environmental geology*, 27, 54-58.
- Moalla S.M., Awadallah R.M., Rashed M.N., Soltan M.E., (1998) "Distribution and chemical fractionation of some heavy metals in bottom sediments of lake Nasser", *Hidrobiología*, 364, 31-40.
- Ruey-an D., Sue-min C., Yuh-chang S., (2000) "Solid-phase microextraction for determining the distribution of sixteen US Environmental Protection Agency polycyclic aromatic hydrocarbons in water samples", *Journal of chromatography A*, 879, 177-188.
- March R.E., (2000) "Quadrupole ion trap mass spectrometry: a view at the turn of the century", *Int. J. Mass Spectrom.*, 200, 285-312.
- Malavia J., Santos F.J., Galceran M.T., (2004) "Gas chromatography-ion trap tandem mass spectrometry versus GC-high-resolution mass spectrometry for the determination of non-ortho-polychlorinated biphenyls in fish", *Journal of Chromatography A*, 1056, 171-178.

Reseña curricular

Dr. Juan Emilio González González. Vocal del Comité de Ingeniería y Desarrollo Sostenible del Instituto de la Ingeniería de España. Dr. Ingeniero Industrial. Catedrático de Universidad en el Área de Ingeniería Química, en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Doctor Honoris Causa y Magíster en Gestión Educativa por el Consejo Iberoamericano en Honor de la Calidad Educativa. Catedrático de la UNESCO en Ingeniería Química y Medio Ambiente en la Universidad de Agostinho Neto (Angola). Profesor de la Escuela de Organización Industrial (EOI). Coordinador de Proyectos Internacionales con Iberoamerica, actualmente coordina un proyecto con Guayaquil-Ecuador, sobre Tecnologías de Medio Ambiente, incluyendo el Doctorado. 40 años de experiencia profesional en Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente, con más de 60 informes técnicos en Contaminación Atmosférica, 100 en Contaminación Hídrica, 45 en Residuos Industriales Peligrosos. Autor de más de 50 publicaciones en Revistas Internacionales y Nacionales. Autor de 80 presentaciones de trabajos de investigación en Congresos Internacionales y Nacionales. Conferencias en Venezuela, Cuba y Uruguay. Organizador del Congreso EMCHIE 2003 de Chemical Industry and Environment. Pertenece a las Sociedades American Institute of Chemical Engineers, USA; National Association of Corrosion Engineers, USA y American Chemical Society. Director Gerente del Grupo de Investigación de I+D+I denominado CAFMA (Control Analítico de Fuentes Medio Ambientales). Durante 8 años fue Presidente del Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Canarias. Durante 6 años fue Secretario de la Fundación Instituto Tecnológico de Canarias. Fue Director del Departamento de Ingeniería de Procesos de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria desde el 2004 hasta el 2006.

Javier Gracia Martín. Licenciado en Ciencias Químicas por la Universidad de Córdoba (España). Actualmente trabaja en el grupo CAFMA, realizando funciones de jefatura del departamento de aguas de dicho grupo de trabajo, del cual es gerente el Dr. Juan Emilio González González, catedrático de Universidad de la ULPGC, perteneciente al departamento de ingeniería de procesos.

Edificio CAFMA, Parque Científico y Tecnológico, Campus Universitario de Tafira, C.P 35017, Las Palmas de Gran Canaria.