IV.- Resultats i discussió

12.- Modelització de dioxines

12.1.- Concentració de PCDD/Fs a l'aire

L'objectiu d'aquest apartat és la modelització de la dispersió dels PCDD/Fs (17 congèneres tòxics) a l'aire després de la seva emissió per xemeneia, per d'aquesta manera poder determinar els nivells d'immissió dels contaminants a l'aire degut a les emissions de la planta incineradora de Montcada i Reixac. Per tant, el primer que s'ha realitzat ha estat la simulació de la dispersió a l'aire de les emissions per xemeneia dels congèneres individuals de dioxines a la planta. Després, s'ha estudiat l'impacte de les millores ambientals a la planta sobre el medi. Per últim, s'han comparat els nivells calculats deguts a les emissions amb els nivells mesurats, per tal d'avaluar la contribució de les emissions de la planta al nivell ambiental.

La modelització de les PCDD/Fs es realitza normalment considerant el seu transport i distribució igual al 2,3,7,8-TeCDD per a tots els congèneres. Encara que aquestes suposicions s'han fet servir durant molt temps, però avui en dia és conegut que el comportament en el medi ambient varia àmpliament entre els diferents congèneres individuals. L'aproximació d'un mateix comportament introdueix errors seriosos en els models de transport, especialment per a les emissions de plantes incineradores de residus sòlids urbans, les quals estan freqüentment dominades per congèneres que tenen propietats de transport àmpliament diferents de les de 2,3,7,8-TCDD.

Per aquest motiu, l'USEPA insisteix en recordar la necessitat de considerar cada congènere independentment. Malgrat això, una anàlisi rigorosa requereix una gran quantitat de paràmetres. Les dades per a poder realitzar una avaluació del transport i de la distribució especifica de cada compost, les quals cal dir que són moltes, estan actualment sent estudiades, i dia a dia ens trobem amb més dades disponibles.

Un altre punt important en la modelització del transport i la distribució de PCDD/Fs és la distinció entre la fase vapor i la fase particulada a l'aire. Experiments recents han suggerit que la vegetació assimila la fase vapor de PCDD/Fs. D'aquesta manera, per a alguns congèneres una petita fracció de la fase vapor pot contribuir de forma majoritària a la concentració incorporada al teixit de la fulla (Harrad i Smith, 1997).

12.1.1.- Dispersió a l'aire de les emissions de PCDD/Fs

L'estudi de la dispersió dels 17 congèneres tòxics de PCDD/Fs emesos a l'aire per la planta Incineradora de Montcada i Reixac s'ha portat a terme mitjançant una simulació de la dispersió dels contaminants dins d'una malla 10x10 Km, amb un espaiat de 200 m, on el punt central correspon a la xemeneia. Aquest càlcul ha estat realitzat per a les emissions de PCDD/Fs abans i després de les millores a la planta. A les Figures 12.1 i 12.2 es representa la dispersió de les emissions de la 2,3,7,8-TCDD en les dues situacions en estudi (abans i després de les millores ambientals). La gràfica de la dispersió dels altres congèneres tòxics es representen a l'Annex B. En aquestes figures s'observa com la forma de la dispersió per a les dues situacions corresponents a l'any 1996 i 2000 és similar. La diferència principal ve determinada pel valor dels nivells d'immisió. Per altra banda, la dispersió de contaminants és el resultat d'una combinació de les condicions meteorològiques i de la cartografia de l'àrea. A les Figures 11.1 i 11.2 mostrades al capítol anterior, s'observa que els vents provenint del nord bufen més sovint, però amb menys força dins l'àrea d'estudi. En canvi, els vents provenint del nord-oest i sud-est són vents amb més força encara que menys freqüents. Per tot això, era d'esperar trobar una dispersió dels contaminants principalment cap a la direcció nord-oest i cap a la direcció sud-est. Malgrat tot, la dispersió a la direcció sud-est es veu afectada per la cartografia de la zona, tal i com es pot observar a les Figures 12.1 i 12.2. Un punt a destacar és que els llocs més propers a la font emissora no són els punts amb més impacte per les emissions de la planta. Altrament, els punts localitzats a la direcció nord-est (NE) no es troben dintre del camp d'influència directa de la planta. En canvi els punts localitzats a la direcció nord-oest (NO) i sud (S) es troben dintre del camp d'influència directa de la planta.

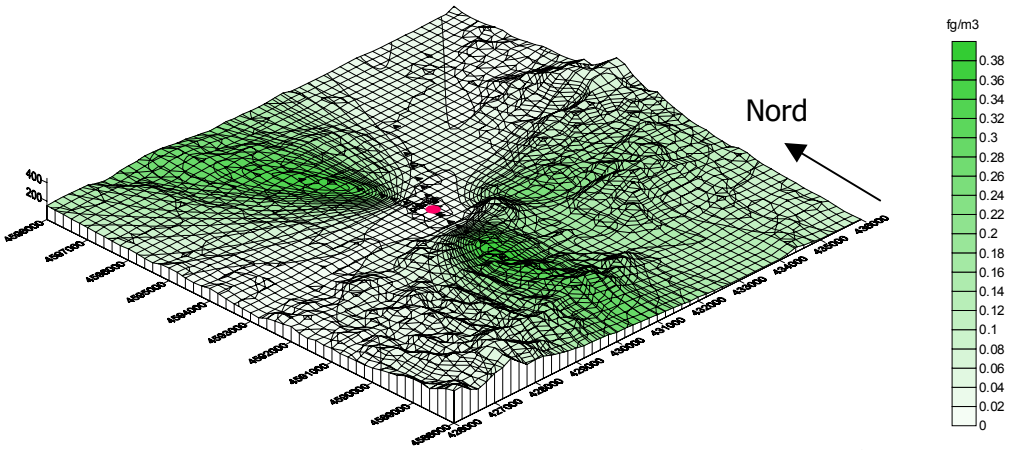

Figura 12.1.- Dispersió de les emissions de 2,3,7,8-TCDD (fg/m^3) al 1996.

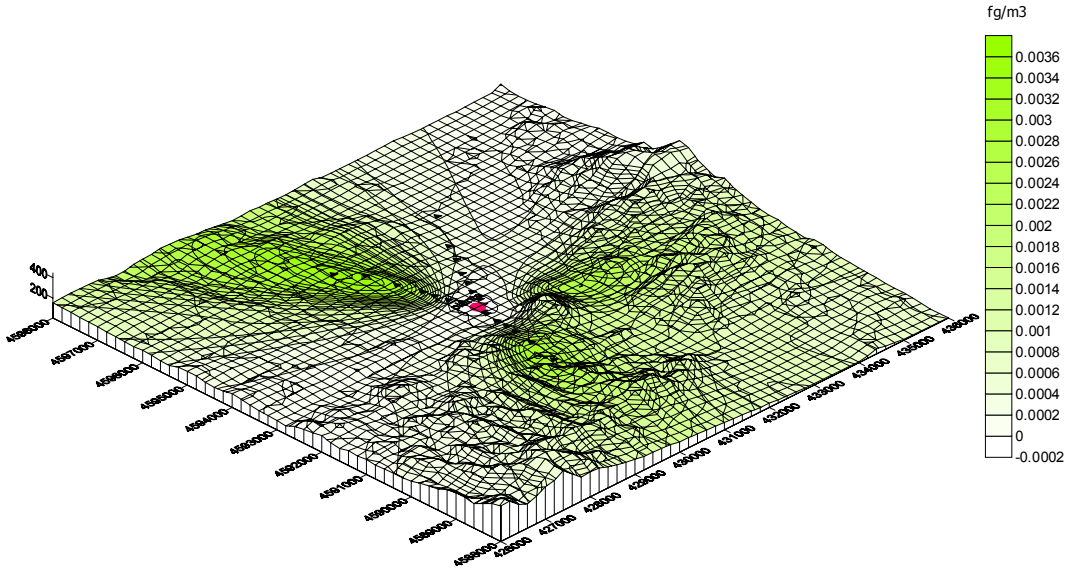

Figura 12.2.- Dispersió de les emissions de 2,3,7,8-TCDD (fg/m^3) al 2000.

12.1.2.- Benefici de les millores ambientals als nivells de PCDD/Fs a l'aire

Les emissions de PCDD/Fs després de les millores ambientals que es van dur a la planta es van veure reduïdes aproximadament un 100% (van passar de 111.9 a 0.086 I-TEQ ng /m^3, Taula 11.2). Els nivells mitjans d'I-TEQ a l'aire (per als 24 punts de la monitorització) resultant del càlcul de la dispersió de les emissions es troben a la Taula 12.1. S'observa que els valors d'I-TEQ mitjans obtinguts de la simulació de dispersió de les PCDD/Fs presenten un descens del 99.8% després de les millores, resultat que està en total concordança amb la reducció de les emissions de la planta (sobre un 100%).

Taula 12.1.- Nivells d'I-TEQ (fg/m^3) calculats en aire abans i després de les millores.

	abans millores	**després millores**	**reducció**
	25 anys	**30 anys**	**%**
I-TEQ	10.33	0.014	99.86

12.1.3.- Contribució de les emissions de PCDD/FS de la planta als nivells ambientals a l'aire

Les Taules 12.2 i 12.3 mostren la concentració mitjana resultant del càlcul de la dispersió de les emissions en aire per als 24 punts considerats en la monitorització, abans i després de la instal·lació del nou sistema de neteja de gasos. Aquestes taules també presenten la concentració a l'aire mesurada a l'àrea de Montcada i Reixac, dades facilitades per la Generalitat de Catalunya. S'ha de tenir en compte

que les dades mesurades corresponen a unes mostres recollides en un sol punt en l'àrea de Montcada i Reixac, mentre que les dades simulades corresponen a la mitjana anual dels nivells calculats en els 24 punts localitzats en un radi de 3 Km des de la font emissora de la planta IRSU de Montcada i Reixac. Per altra banda, aquestes taules presenten diferenciada la concentració de cada congènere en fase vapor i en fase particulada. Es pot observar que la fase vapor és més important per als congèneres menys substituïts. En canvi, la fase particulada pren importància per als més substituïts. Aquests fets es poden observar amb més detall a la Figura 12.3, on es representa el percentatge en que contribueix cada fase a la concentració total per a cada congènere. Aquesta distribució és la mateixa abans i després de la col·locació dels filtres, ja que la distribució vapor/particula de les emissions és una dada constant, que farà que sempre sigui igual la distribució.

Si comparem les concentracions de PCDD/Fs a l'aire mesurades en l'àrea d'estudi amb les calculades degudes a les emissions per la planta, observem que les emissions de la planta contribueixen mínimament a les concentracions de PCDD/Fs a l'aire mesurades, tant abans com després de la reducció de les emissions. Per a ser més exactes, les emissions des de la planta abans de la instal·lació del nou sistema d'emissions contribueixen amb un 4.25% al total d'I-TEQ de l'aire, mentre que després de la instal·lació del nou sistema solament amb un 0.0024% dels I-TEQ totals.

Taula 12.2.- Nivells d'immissió de PCDD/Fs (fg/m^3) **abans** de les millores.

	$C_{calculada}$			$C_{mesurada}$*
	C_{vapor}	$C_{partícula}$	C_{Total}	
2,3,7,8-TCDD	0.04	0.08	0.12	40.76
1,2,3,7,8-PeCDD	0.52	0.90	1.42	24.90
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.72	1.23	1.95	40.77
1,2,3,6,7,8-HxCDD	1.67	2.85	4.51	89.62
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.58	4.44	5.02	65.63
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	2.31	18.36	20.66	814.34
OCDD	2.06	20.71	22.77	300.00
2,3,7,8-TCDF	6.85	2.09	8.94	330.34
1,2,3,7,8-PeCDF	0.52	0.48	1.01	59.70
2,3,4,7,8-PeCDF	3.96	3.61	7.57	127.88
1,2,3,4,7,8-HxCDF	4.93	6.37	11.30	244.04
1,2,3,6,7,8-HxCDF	2.49	3.91	6.40	103.84
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.10	0.85	0.95	8.11
2,3,4,6,7,8-HxCDF	2.74	9.68	12.42	180.03
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	3.57	17.12	20.70	481.79
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.53	5.63	6.16	74.50
OCDF	0.65	17.31	17.96	415.27
I-TEQ	4.38	5.95	10.33	240.79

* Dades facilitades per la Generalitat de Catalunya

Taula 12.3.- Nivells d'immissió de PCDD/Fs (fg/m^3) **després** de les millores.

	$C_{calculada}$			$C_{mesurada}$*
	C_{vapor}	$C_{partícula}$	C_{Total}	
2,3,7,8-TCDD	3.81E-04	7.49E-04	1.13E-03	4.13E+00
1,2,3,7,8-PeCDD	1.48E-03	2.74E-03	4.22E-03	7.17E+00
1,2,3,4,7,8-HxCDD	1.88E-03	3.41E-03	5.29E-03	7.16E+00
1,2,3,6,7,8-HxCDD	4.89E-03	8.92E-03	1.38E-02	1.36E+01
1,2,3,7,8,9-HxCDD	1.31E-03	1.07E-02	1.20E-02	2.79E+01
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	9.15E-03	7.76E-02	8.68E-02	7.07E+01
OCDD	9.23E-03	9.90E-02	1.08E-01	1.58E+02
2,3,7,8-TCDF	3.58E-03	1.16E-03	4.75E-03	9.12E+01
1,2,3,7,8-PeCDF	7.91E-04	7.79E-04	1.57E-03	1.02E+01
2,3,4,7,8-PeCDF	2.35E-03	2.28E-03	4.63E-03	3.58E+01
1,2,3,4,7,8-HxCDF	3.55E-03	4.91E-03	8.46E-03	7.87E+01
1,2,3,6,7,8-HxCDF	3.04E-03	5.09E-03	8.12E-03	2.99E+01
1,2,3,7,8,9-HxCDF	4.94E-05	4.28E-04	4.78E-04	1.79E+00
2,3,4,6,7,8-HxCDF	3.47E-03	1.31E-02	1.65E-02	4.48E+01
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	6.16E-03	3.15E-02	3.77E-02	1.31E+02
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	5.27E-04	5.95E-03	6.48E-03	1.05E+01
OCDF	1.92E-03	5.43E-02	5.62E-02	1.01E+02
I-TEQ	0.005	0.009	0.014	57.99

* Data facilitades per la Generalitat de Catalunya

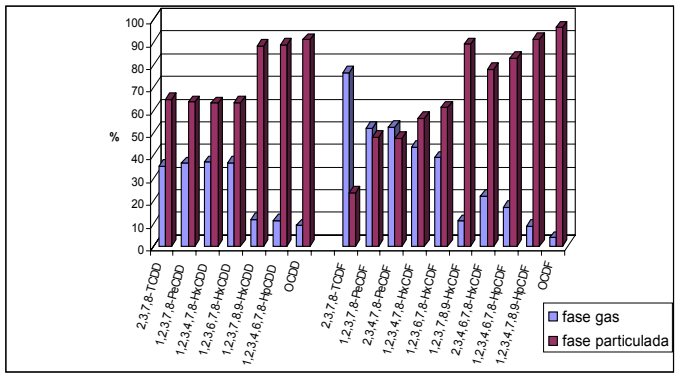

Figura 12.3.- Perfil de distribució de la fase vapor/fase particulada dels congèneres de les PCDD/Fs en l'aire.

Les Figures 12.4 i 12.5 mostren el perfil d'I-TEQ a l'aire dels diferents congèneres degut a les emissions de la planta (calculat) i el mesurat en ambdós casos d'estudi, abans i després de les millores medi ambientals, respectivament. Aquestes gràfiques ens donen informació de quant contribueix cada congènere a l'I-TEQ total. Si observem els perfils globalment, es pot dir que presenten un perfil molt semblant. Es pot veure que abans de la instal·lació del nou sistema de neteja de gasos els congèneres amb més alta contribució al perfil calculat foren el TCDF i el 2,3,4,7,8-PeCDF. Per al perfil mesurat, foren els congèneres anteriors i a més a més la 2,3,7,8-TCDD. Després de la instal·lació de les millores els congèneres que

contribueixen més a l'I-TEQ tant per al perfil mesurat com pel calculat foren TCDD, TCDF, 1,2,3,7,8-PeCDD, 2,3,4,7,8-PeCDF i 1,2,3,4,7,8-HxCDF.

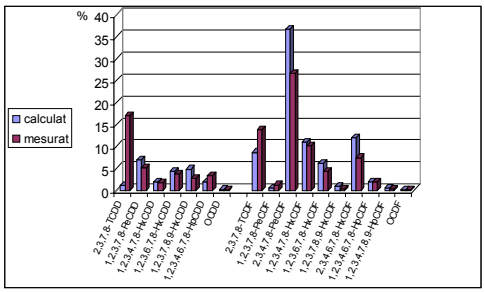

Figura 12.4.- Perfil d'I-TEQ a l'aire, **abans** del nou sistema de neteja de gasos.

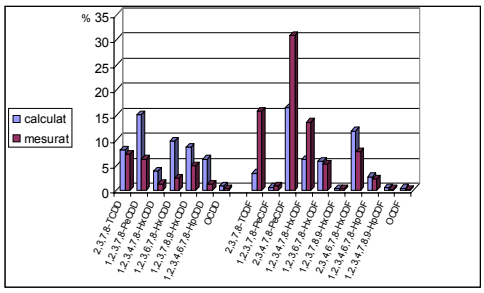

Figura 12.5.- Perfil d'I-TEQ a l'aire, **després** del nou sistema de neteja de gasos.

Certa incertesa dels resultats és deguda al procés de decloració que no ha estat considerat en els càlculs de dispersió. La decloració és un procés que pot tenir lloc entre el punt de les emissions i l'estació de mesura d'aire. Generalment, els compostos orgànics policlorats fàcilment experimenten pèrdues foto-químiques d'àtoms de clor. Aquest procés, suposa un augment dels nivells de congèneres menys substituïts i un descens dels més substituïts.

12.2.- Concentració de PCDD/Fs al sòl

En aquest apartat es presenta el resultat de l'aplicació del model simple aire-sòl-vegetació per als congèneres tòxics de dioxines. Primerament, es presenten els resultats calculats dels nivells de PCDD/Fs deguts a les emissions de la planta incineradora de Montcada i Reixac. El segon pas és estudiar com contribueix cada via d'exposició a la concentració de PCDD/Fs en el sòl. El tercer pas és avaluar l'efecte que sobre els nivells de PCDD/Fs al sòl tenen les millores ambientals en la planta. Per últim, es fa una comparació dels nivells ambientals mesurats amb els nivells calculats de PCDD/Fs, per així d'aquesta forma determinar la contribució de les emissions de la planta en els nivells al sòl.

La concentració de PCDD/Fs en el sòl ha estat calculada per a cada congènere individual. S'ha considerat com a temps de deposició el que la planta d'incineració de residus sòlid urbans de Montcada i Reixac ha estat en funcionament. Malgrat això, no hem d'oblidar que el sòl és un medi on el contaminant s'acumula durant llargs períodes de temps, i que la concentració calculada en el nostre estudi es deu tan sols a la contaminació per la IRSU, i no té en consideració els nivells de fons de l'àrea, ni tampoc la concentració deguda a altres fonts emissores. La concentració al sòl abans de la instal·lació del nou sistema de neteja de gasos es va calcular

considerant l'acumulació de dioxines durant els 21 anys que la planta havia estat funcionant, des de la seva posada en marxa al 1975. Per altra banda, la concentració en sòl després de la instal·lació del nou sistema de neteja de gasos, es va calcular considerant els 23 anys que la planta havia estat treballant sense el sistema de gasos més l'acumulació durant els 2 anys que la planta havia estat funcionant amb les millores ambientals. Per tant, la concentració al sòl ha estat calculada utilitzant la concentració a l'aire calculada mitjançant el model de dispersió, en ambdós casos abans i després de les millores medi ambientals en les emissions de la planta.

12.2.1.- Distribució dels diferents congèneres al sòl

A la Figura 12.6 es representa la concentració calculada de cada congènere en les mostres de sòl abans de les millores ambientals. S'observa que els congèneres predominants són l'OCDD i l'1,2,3,4,6,7,8-HpCDD. Per altra banda, la Figura 12.7 representa el perfil de contribució dels congèneres a l'I-TEQ. S'observa que el congènere amb més pes és el 2,3,7,8-PeCDF a l'igual que en els perfils d'aire (Figura 12.4 i 12.5). L'OCDD a pesar de ser el congènere més abundant a les mostres de sòl presenta una petita contribució a l'I-TEQ de les mostres.

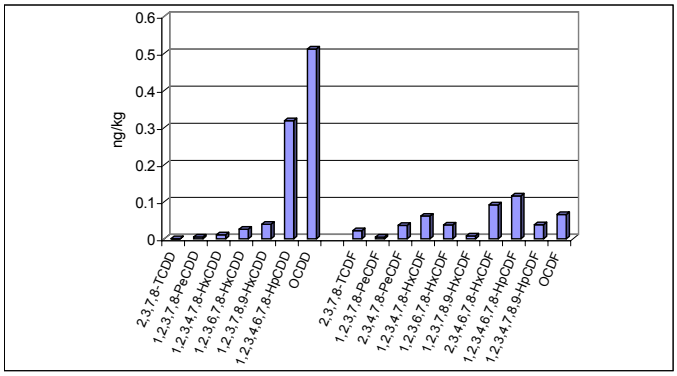

Figura 12.6.- Nivells de cada congènere calculat (ng/kg) en les mostres de sòl abans de les millores ambientals.

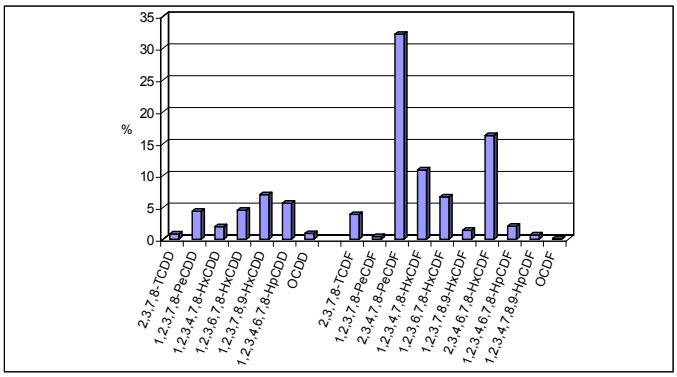

Figura 12.7.- Perfil de distribució de l'I-TEQ per a les mostres de sòl abans de les millores ambientals.

12.2.2.- Vies principals d'exposició al sòl

Per tal d'entendre millor el transport dels congèneres de dioxines, s'han avaluat les diferents vies d'exposició del sòl considerades. La concentració acumulada en el sòl s'ha calculat considerant el resultat de l'exposició del sòl a través de 4 vies diferents. A la Figura 12.8 s'observa la contribució de cada via a l'I-TEQ total al sòl. S'observa com la via de deposició seca i humida de partícules és la que contribueix en una major proporció (un 60.77 i un 36.84%, respectivament). Per altra banda, la contribució via arrels és menor d'un 1%, fet que era d'esperar coneixent l'alt caràcter lipofilic de les dioxines.

Altrament, a la Figura 12.9 es representa la contribució relativa de cada via d'exposició a la concentració de cada congènere individual al sòl. Es pot observar que l'exposició via arrel té importància solament pel congènere 2,3,4,6,7,8-HxCDF. Aquest fet ens diu que aquest congènere presenta una tendència més alta que els altres a passar dels sòls cap a les plantes. L'explicació a aquest comportament la trobem si es tenen en compte les propietats físico-químiques dels congèneres individuals (Annex A). Així el 2,3,4,6,7,8-HxCDF presenta un factor de bio-concentració sòl-planta molt més alt (10 vegades) que els congèneres trobats majoritàriament en les mostres de sòl. Per a la resta de congèneres, les vies amb més pes en la concentració calculada al sòl són la deposició seca i la humida.

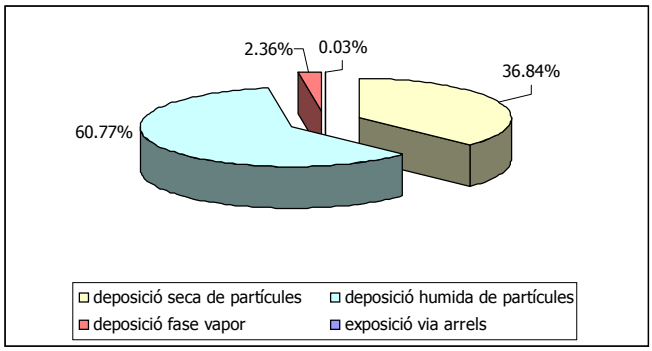

Figura 12.8.- Contribució de cada via d'exposició al nivell d'I-TEQ al sòl.

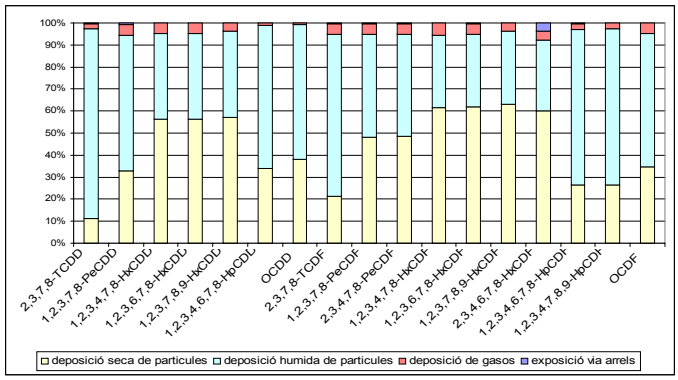

Figura 12.9.- Contribució de cada via d'exposició al nivell de cada congènere individual al sòl.

12.2.3.- Benefici de les millores ambientals als nivells de PCDD/Fs al sòl

Amb les millores ambientals, les emissions de la planta incineradora de residus sòlids urbans es van veure reduïdes en un factor de 100. Si es considera que les plantes IRSU han estat una de les principals fonts d'emissió de dioxines, una reducció d'aquesta magnitud havia de portar un considerable descens en els nivells de PCDD/Fs al sòl. Per tot això, es va decidir avaluar el benefici que la reducció d'emissions té sobre els nivells calculats de PCDD/Fs al sòl. El sòl és un medi acumulatiu, i quan s'han avaluat els nivells abans de les millores ambientals es va considerar una deposició de 21 anys (des de la posada en marxa de la planta al 1975 fins a la primera monitorització al 1996). Pel càlcul de la concentració després de les millores ambientals, es va considerar l'acumulació dels primers 23 anys (abans de les millores ambientals: 1975-1998) i dels 2 després de les millores (1999-2000). La Taula 12.4 presenta el nivell d'I-TEQ abans i després de la instal·lació de les millores ambientals. S'observa que el sòl sofreix un increment de 0.71% en el nivells de sòls.

Taula 12.4.- Nivells d'I-TEQ (ng/kg) en sòls abans i després de les millores ambientals.

	abans millores	**després millores**	**increment**
	21 anys	**25 anys**	**%**
I-TEQ	0.0560	0.0564	0.71

12.2.4.- Contribució de les emissions de PCDD/Fs de la planta als nivells ambientals al sòl

A les Taules 12.5 i 12.6 es mostren la mitjana (I-TEQ) calculada i mesurada del nivells dels 17 congèneres tòxics en sòl per als 24 punts considerats de major impacte ambiental per les emissions de la planta en estudi, tant abans com després de les millores ambientals. En aquestes taules també es mostren la concentració mitjana dels 17 congèneres tòxics de dioxines en sòl mesurades durant la monitorització que va tenir lloc a la planta al 1996 i al 2000. Podem observar que les emissions de la planta incineradora contribueixen amb un 1.59% i un 0.004% a la concentració acumulada al sòl abans i després de la instal·lació del nou sistema de neteja de gasos, respectivament. La diferència entre la concentració calculada i la mesurada es pot justificar principalment per dos fets: 1) no s'ha considerat la concentració de fons al sòl, i 2) s'ha calculat la concentració deguda a les emissions de la incineradora, sense considerar altres possibles fonts.

Taula 12.5.- Nivells de dioxines en sòls (ng/kg) **abans** de la instal·lació del sistema de neteja de gasos.

Congèneres	$C_{calculada}$	$C_{mesurada}$	% contribució
2,3,7,8-TCDD	4.70E-04	1.45E-01	0.32
1,2,3,7,8-PeCDD	4.97E-03	5.90E-01	0.84
1,2,3,4,7,8-HxCDD	1.11E-02	7.20E-01	1.54
1,2,3,6,7,8-HxCDD	2.58E-02	1.15E+00	2.24
1,2,3,7,8,9-HxCDD	3.95E-02	1.15E+00	3.43
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	3.19E-01	3.00E+01	1.06
OCDD	5.12E-01	1.60E+02	0.32
2,3,7,8-TCDF	2.20E-02	1.50E+00	1.47
1,2,3,7,8-PeCDF	4.87E-03	1.20E+00	0.41
2,3,4,7,8-PeCDF	3.63E-02	1.55E+00	2.34
1,2,3,4,7,8-HxCDF	6.13E-02	2.20E+00	2.79
1,2,3,6,7,8-HxCDF	3.75E-02	1.60E+00	2.34
1,2,3,7,8,9-HxCDF	7.96E-03	1.75E-01	4.55
2,3,4,6,7,8-HxCDF	9.18E-02	3.25E+00	2.82
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	1.16E-01	1.30E+01	0.89
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	3.79E-02	1.10E+00	3.45
OCDF	6.59E-02	1.45E+01	0.45
I-TEQ	5.60E-02	3.52E+00	1.59

Taula 12.6.- Nivells de dioxines en sòls (ng/kg) **després** de la instal·lació del sistema de neteja de gasos.

Congèneres	$C_{calculada}$	$C_{mesurada}$	% contribució
2,3,7,8-TCDD	4.72E-04	9.00E-02	0.52
1,2,3,7,8-PeCDD	4.98E-03	5.00E-01	1.00
1,2,3,4,7,8-HxCDD	1.11E-02	5.50E-01	2.02
1,2,3,6,7,8-HxCDD	2.58E-02	1.00E+00	2.58
1,2,3,7,8,9-HxCDD	3.95E-02	9.00E-01	4.39
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	3.19E-01	1.35E+01	2.36
OCDD	5.13E-01	6.40E+01	0.80
2,3,7,8-TCDF	2.20E-02	1.10E+00	2.00
1,2,3,7,8-PeCDF	4.87E-03	9.00E-01	0.54
2,3,4,7,8-PeCDF	3.63E-02	1.15E+00	3.16
1,2,3,4,7,8-HxCDF	6.13E-02	1.45E+00	4.23
1,2,3,6,7,8-HxCDF	3.75E-02	1.35E+00	2.78
1,2,3,7,8,9-HxCDF	7.98E-03	1.00E-01	7.98
2,3,4,6,7,8-HxCDF	9.18E-02	1.85E+00	4.96
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	1.16E-01	9.25E+00	1.25
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	3.79E-02	8.00E-01	4.74
OCDF	6.59E-02	8.75E+00	0.75
I-TEQ	5.64E-02	2.15E+00	0.01

A la Figura 12.10 es representa la relació entre la concentració calculada (deguda a les emissions de la planta) i la mesurada analíticament en sòl per als 17 congèneres tòxics de PCDD/Fs, abans i després de les millores ambientals a la planta. S'observa un valor lleugerament més gran després de la instal·lació dels sistemes de millores ambientals. La relació experimenta un augment al incrementar la cloració del compost, fins arribar a l'1,2,7,8,9-HxCDD, i en aquest moment comença a experimentar una disminució. En el cas del furans, el comportament dels congèneres no és tan homogeni com en les dioxines. La relació mínima la presenta l'1,2,3,7,8-PeCDF i l'OCDF, i la màxima la presenta l'1,2,3,7,8,9-HxCDF.

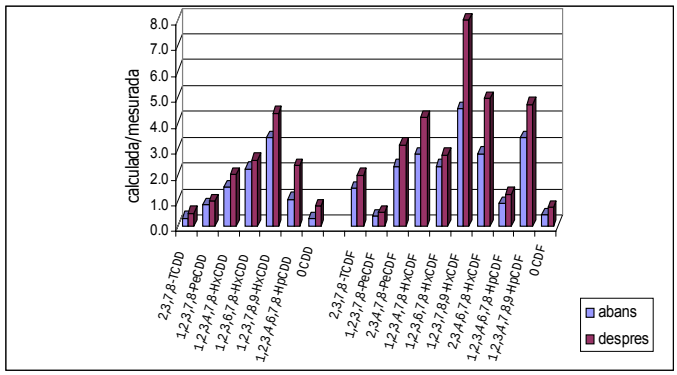

Figura 12.10.- Relació entre la concentració calculada/mesurada per als nivells de congèneres de PCDD/Fs en sòls abans i després de les millores ambientals a la planta.

En aquest punt, cal destacar les principals suposicions fetes en el model de sòls, les quals poden afectar els resultats:

1.- Les concentracions d'aire i sòl es van considerar constant al llarg del període d'exposició avaluat. Canvis en la concentració en fase vapor alterarien l'equilibri de partició aire/sòl. La concentració en fase vapor en el medi ambient és variable amb el temps, i per tant el sistema no assolirà un equilibri de partició real. El sistema s'aproximarà a un equilibri operacional que reflecteix una concentració mitjana sobre un temps de resposta característic per a la resposta del sistema (Lorber *et al.*, 1994).

2.- Tots els paràmetres del model, coeficients de partició i propietats fisico-químiques, han estat considerats constants amb el temps.

3.- La constant de pèrdua del sòl va ser considerada la mateixa per a tots els congèneres. Aquesta constant es va desenvolupar a partir de dades de camp per la 2,3,7,8-TCDD (Lorber *et al.*, 1994).

4.- La concentració calculada correspon a la concentració acumulada durant el temps d'estudi, ja que no s'ha considerat el nivell de fons.

5.- La concentració calculada correspon a la deguda a les emissions de la planta, sense considerar altres fonts emissores.

12.3.- Concentració de PCDD/Fs als vegetals

En aquest apartat es presenten els resultats dels nivells de PCDD/Fs en vegetals (pels 17 congèneres tòxics). Primer de tot, es presenta la distribució dels diferents congèneres al vegetal. Després, es passa a estudiar la contribució de les diferents vies d'exposició considerades. Com a tercer pas s'avaluen els beneficis de les millores ambientals de la planta sobre els nivells de PCDD/Fs en vegetals. Per últim, s'estudia la contribució de les emissions de la planta en els nivells de PCDD/Fs als vegetals.

12.3.1.- Distribució dels diferents congèneres als vegetals

A la Figura 12.11 es presenten els nivells dels 17 congèneres a les mostres de vegetals calculats abans de les millores ambientals. S'observa que a l'igual que al sòl el congènere més abundant és l'OCDD. A la Figura 12.12 es mostra el perfil de distribució de l'I-TEQ.

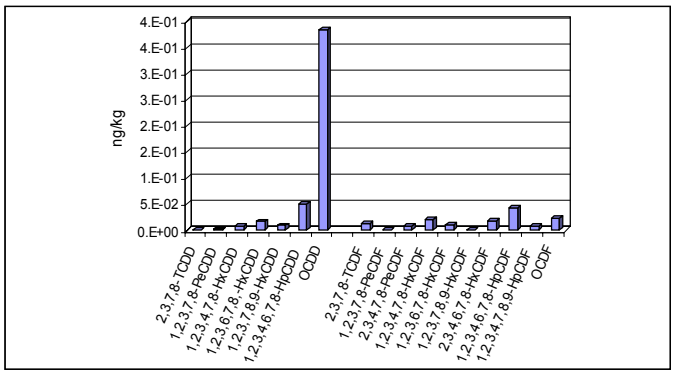

Figura 12.11.- Nivells de cada congènere (ng/kg) calculats en les mostres de vegetals abans de les millores ambientals.

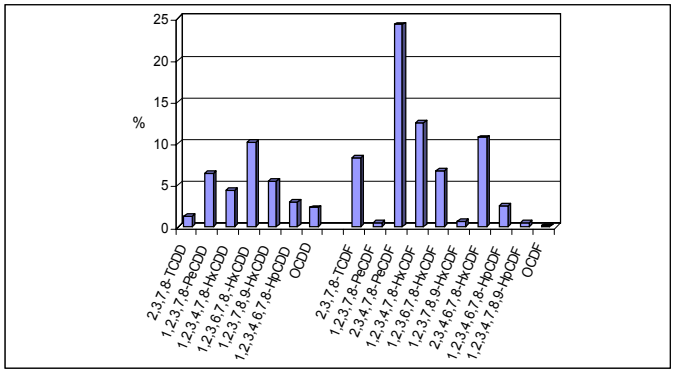

Figura 12.12.- Perfil de distribució de l'I-TEQ a les mostres de vegetals.

Si es compara el perfil de distribució dels congèneres a l'I-TEQ de vegetal amb el de sòl (Figura 12.7), s'observa que per als furans el perfil és molt similar i en canvi per a dioxines es troben unes petites diferencies.

12.3.2.- Vies principals d'exposició als vegetals

En aquest apartat s'avalua la contribució de cada via d'exposició a la concentració final d'I-TEQ a les plantes. En plantes, la via amb més pes en el nivell d'I-TEQ ha estat l'absorció de la fase vapor (62.93%), mentre que la via que influeix menys ha estat l'exposició a través de les arrels (Figura 12.13).

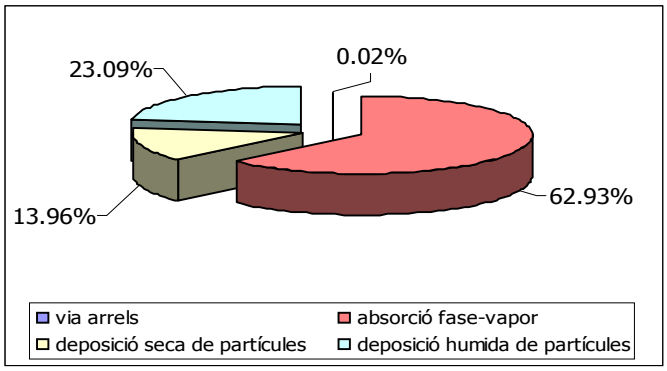

Figura 12.13.- Contribució de cada via d'exposició al nivell d'I-TEQ en vegetals.

La Figura 12.14 representa la contribució de les diferents vies d'exposició de les plantes a la concentració total per a cada congènere. A l'igual que per a l'I-TEQ total en herbes, per a cada congènere individual la via d'exposició de major importància és l'absorció per fase vapor, excepte per a la 2,3,7,8-TCDD, l'1,2,3,4,6,7,8-HpCDD, i l'1,2,3,6,7,8-HxCDF. A l'igual que al sòl, s'observa que per al 2,3,4,6,7,8-HxCDF la via d'exposició a través dels arrels és per a l'únic congènere que té importància.

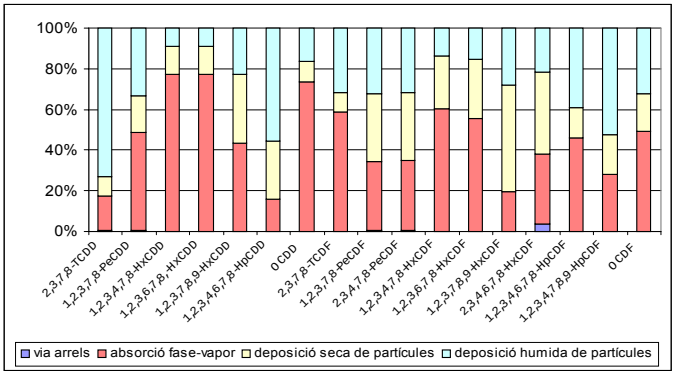

Figura 12.14.- Contribució de cada via d'exposició al nivell de cada congènere individual en vegetals.

Welsch-Pausch *et al.* (1995) i Harrad i Smith (1997) ha descrit que l'absorció per fase vapor era la via d'exposició principal per a tots el congèneres tòxics de

PCDD/Fs, dades que estan en concordança amb les dades calculades. Per altra banda, l'exposició via deposició (seca i humida) té un paper menys important als nostres càlculs, tal i com també va indicar el treball experimental de Welsch-Pausch *et al.*, (1995).

12.3.3.- Benefici de les millores ambientals nivells als de PCDD/Fs als dels vegetals

En aquest apartat s'avalua el benefici que sobre els nivells calculats de PCDD/Fs en vegetals tenen les millores ambientals de la planta IRSU de Montcada i Reixac. El càlcul de la concentració de PCDD/Fs en herbes s'ha realitzat per a un temps de vida mitjana de la planta de 6 mesos. A la Taula 12.7 s'observa que les millores ambientals porten una reducció en els nivells de PCDD/Fs calculats en plantes del 92%.

Taula 12.7.- Nivells d'I-TEQ (ng/kg) en vegetals abans i després de les millores

	abans millores	**després millores**	**reducció %**
I-TEQ	1.68E-2	1.41E-3	92

12.3.4.- Contribució de les emissions de PCDD/Fs de la planta als nivells ambientals als vegetals

Les Taules 12.8 i 12.9 mostren els nivells dels 17 congèneres tòxics de PCDD/Fs en vegetals, els quals van ser calculats a partir de la concentració d'aire deguda a les emissions de la planta incineradora de Montcada i Reixac, en ambdós casos, abans i després de les millores medi ambientals. En aquestes taules també es mostra la concentració mitjana dels 17 congèneres tòxics de dioxines en herbes mesurades durant la monitorització que va tenir lloc a la planta incineradora de Montcada i Reixac al 1996 i al 2000. No em d'oblidar el fet de que la concentració de PCDD/Fs a vegetals correspon a la concentració de dioxines acumulades durant el període de vida mitjana de la planta (6 mesos). Es pot notar que les emissions de la incineradora contribueixen amb un 0.89% i un 0.20% a la concentració de la planta abans i després de la instal·lació del sistema de neteja de gasos, respectivament. Per tant, podem concloure que les emissions de la incineradora de Montcada representen una contribució mínima a la concentració de PCDD/Fs als vegetals, ja que en els dos casos la contribució és menor d'1%.

A la Figura 12.15 es presenta la relació entre la concentració calculada i la mesurada en els 17 congèneres de PCDD/Fs en vegetals. Aquesta relació vol representar la diferència entre les dues concentracions. Es pot observar com

aquesta relació és molt més considerable abans de la instal·lació del nou sistema de neteja de gasos que no pas després. La màxima diferencia es troba abans de la instal·lació dels filtres en l'1,2,3,7,8,9-HxCDF, i la diferència més petita es troba després de la instal·lació dels filtres en el congènere 1,2,3,6,7,8-HxCDD.

Taula 12.8.- Nivells de dioxines en vegetals (ng/kg) **abans** de les millores.

Congèneres	$C_{calculada}$	$C_{mesurada}$	contribució %
2,3,7,8-TCDD	2.08E-04	1.00E-01	0.21
1,2,3,7,8-PeCDD	2.17E-03	4.40E-01	0.49
1,2,3,4,7,8-HxCDD	7.41E-03	2.95E-01	2.51
1,2,3,6,7,8-HxCDD	1.71E-02	2.40E+00	0.71
1,2,3,7,8,9-HxCDD	9.30E-03	1.05E+00	0.89
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	5.04E-02	5.15E+00	0.98
OCDD	3.85E-01	1.30E+01	2.96
2,3,7,8-TCDF	1.40E-02	1.25E+00	1.12
1,2,3,7,8-PeCDF	1.67E-03	9.80E-01	0.17
2,3,4,7,8-PeCDF	8.16E-03	9.25E-01	0.88
1,2,3,4,7,8-HxCDF	2.10E-02	1.00E+00	2.10
1,2,3,6,7,8-HxCDF	1.14E-02	9.55E-01	1.19
1,2,3,7,8,9-HxCDF	1.14E-03	3.00E-02	3.80
2,3,4,6,7,8-HxCDF	1.80E-02	1.30E+00	1.38
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	4.36E-02	4.00E+00	1.09
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	8.39E-03	3.52E-01	2.38
OCDF	2.26E-02	1.25E+00	1.81
I-TEQ	1.68E-02	1.88E+00	0.89

Taula 12.9.- Nivell de dioxines en vegetals (ng/kg) **després** de les millores.

Congèneres	$C_{calculada}$	$C_{mesurada}$	contribució %
2,3,7,8-TCDD	1.13E-04	5.50E-02	0.21
1,2,3,7,8-PeCDD	5.11E-04	2.00E-01	0.26
1,2,3,4,7,8-HxCDD	1.54E-04	1.00E-01	0.15
1,2,3,6,7,8-HxCDD	3.07E-04	3.50E-01	0.09
1,2,3,7,8,9-HxCDD	4.30E-04	2.50E-01	0.17
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	3.47E-03	3.10E+00	0.11
OCDD	7.64E-03	7.50E+00	0.10
2,3,7,8-TCDF	9.83E-04	7.00E-01	0.14
1,2,3,7,8-PeCDF	7.15E-04	4.50E-01	0.16
2,3,4,7,8-PeCDF	9.73E-04	5.00E-01	0.19
1,2,3,4,7,8-HxCDF	9.02E-04	4.00E-01	0.23
1,2,3,6,7,8-HxCDF	6.32E-04	4.00E-01	0.16
1,2,3,7,8,9-HxCDF	4.72E-05	2.50E-02	0.19
2,3,4,6,7,8-HxCDF	1.07E-03	4.00E-01	0.27
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	2.39E-03	1.60E+00	0.15
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	1.77E-04	1.50E-01	0.12
OCDF	7.36E-04	1.30E+00	0.06
I-TEQ	1.41E-03	7.04E-01	0.20

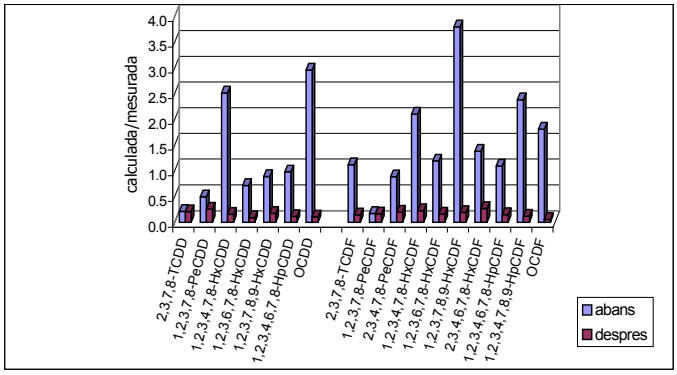

Figura 12.15.- Relació entre la concentració calculada/mesurada per als nivells de congèneres de PCDD/Fs en vegetals.

S'ha de destacar el fet de que el congènere més tòxic (2,3,7,8-TCDD) presenta un dels millors resultats al comparar la concentració mesurada amb la calculada, tant abans com després de les millores ambientals (Figura 12.15).

No hem d'oblidar que els vegetals són considerats biomonitors per curts períodes de temps, ja que tenen una vida mitjana curta, i per tant un període d'exposició també relativament curt. Diferents autors han publicat que la vegetació pot netejar l'atmosfera de PCDD/Fs mitjançant la retenció de contaminant en cutícules creixents, atrapant les PCDD/Fs posades en contacte amb les fulles per deposició seca i humida (Alcock i Jones, 1996; Kjeller *et al.*, 1996; Welsch-Pausch *et al.*, 1995). Així, la presència de PCDD/Fs en vegetació es deu quasi exclusivament a l'exposició/retenció de les mateixes en l'aire. Per aquesta raó, les mesures de canvis en els nivells de PCDD/Fs en herbes i en les fulles de les collites poden ser utilitzades per a detectar canvis potencials en les concentracions d'aire, i d'aquí canvis en les quantitats i tipus de font (Alcock i Jones, 1996). Per tant, el descens de la concentració mesurada (63%), si considerem als vegetals com un indicador directe dels nivells de dioxines en aire, ens indica un descens considerable en la concentració ambiental, això si, menor que el descens de les emissions (92%). Això, indica que existeixen altres fonts emissores de PCDD/Fs a la mateixa àrea d'estudi.

La variació entre la concentració predita i l'observada en els 17 congèneres tòxics es deguda principalment al fet de que la concentració calculada es deu solament a les emissions de la Incineradora de Montcada i Reixac, sense considerar altres possibles fonts emissores. Malgrat això, s'han de destacar les següents suposicions fetes durant el desenvolupament del model:

1.- Les concentracions d'aire i sòl es van considerar constants al llarg del període d'exposició avaluat. Canvis en la concentració gasosa alterarien l'equilibri de partició aire/vegetal. La concentració gasosa en el medi ambient és variable amb el temps, i per tant, el sistema no assolirà un equilibri de partició real. El sistema

s'aproximarà a un equilibri operacional que reflecteixi una concentració mitjana sobre un temps de resposta característic per a la resposta del sistema (Lorber *et al.*, 1994).

2.- Tots els paràmetres del model, coeficients de partició, i propietats fisico-químiques, han estat considerats constants amb el temps.

3.- La constant de pèrdua de les plantes va ser considerada la mateixa per a tots els congèneres. Aquesta constant es va desenvolupar a partir de dades de camp per la 2,3,7,8-TCDD (Lorber *et al.*, 1994).