



CONAMA10
CONGRESO NACIONAL
DEL MEDIO AMBIENTE

COMUNICACIÓN TÉCNICA

Efectos ambientales del uso agrícola del Bromuro de Metilo en el Valle Amblés (Ávila)

Autor: **María Victoria Medina Varo**

Institución: **Universidad Católica de Ávila**

e-mail: **victoria.medina@ucavila.es**

Otros Autores: **Pedro Manuel Díaz Fernández (UCAV), José Joaquín Ramos Miras (UAL), Ana María San José Wery**

RESUMEN

El bromuro de metilo se ha empleado hasta finales de 2008 como desinfectante de suelos previo al cultivo de plantón de fresa en el valle Amblés (Ávila). Se ha estudiado el posible impacto sobre el medio ambiente (atmósfera y aguas subterráneas) del uso del Bromuro de metilo en la comarca con el fin de aportar datos objetivos que puedan dar respuesta a los interrogantes planteados por ciertos sectores de la sociedad que han considerado el uso de este producto como causante de efectos cancerígenos y nocivos para el medio ambiente en la comarca. Nuestro trabajo demuestra que las cantidades usadas de bromuro de metilo han sido muy inferiores a las permitidas por el protocolo de Montreal. Además del estudio de la analítica realizada en aguas subterráneas de se desprende que no se detecta la presencia de derivados de Bromuro de metilo. Por otra parte, los cálculos realizados a partir de las fichas técnicas y dosis empleadas indicarían una concentración en la atmósfera inapreciable que no justificaría la alarma social creada.

Palabras Clave: Bromuro de Metilo, Niharra, Valle Amblés, agua subterránea, atmósfera.

1. INTRODUCCIÓN

El Valle Amblés es una fosa tectónica situada en el centro de la provincia de Ávila. Es un valle intramontañoso que se extiende a lo largo de 42 Km. y en una dirección ENE-OSO, entre la Sierra de Ávila (al Norte) y las Sierras de las Parameras y la Serrota (al Sur). Entre los municipios que alberga el Valle se encuentran: Aldea del Rey Niño, El Fresno, Riofrío, Mironcillo, Niharra, Gemuño, Padiernos, Solosancho, Sotalvo, Salobral, La Torre, Muñopepe, la Hija de Dios y Narros del Puerto. El fondo del valle es plano con una anchura entre 2,5 y 10,0 Km. y una pendiente media de 0,3% en sentido ENE entre Villatoro a 1180 m. de altitud, y el cauce del río Adaja en Ávila, a 1065 m. En cuanto a las aguas superficiales el cauce principal está constituido por el río Adaja que posteriormente, antes de verter sus aguas al río Duero, recoge las aguas del río Eresma. En lo que respecta a las aguas subterráneas, se trata de suelos detríticos constituidos por materiales sedimentarios (conglomerados, arenas y gravas).

En el Valle Amblés, en el año 2009, existen 197 ha dedicadas al cultivo de plantón de fresa y fresón. Según los datos del Servicio Territorial de Agricultura y Ganadería de Ávila, esta superficie representa un 44,60% y un 16,80% de la superficies totales con cultivo de plantones de fresas y fresones en Ávila y Castilla y León, respectivamente (Anuario Estadístico de Castilla y León, 2009). Estos cultivos han generado en los últimos años, una gran polémica social en Ávila, y más en concreto en el Valle Amblés, al ser considerado, por distintos sectores, como el culpable de la contaminación ambiental, y en especial de las aguas subterráneas, señalando como principal responsable de esta circunstancia al bromuro de metilo, que ha sido utilizado durante años para la desinfección del suelo en estos cultivos. Estas acusaciones se intensificaron durante el verano de 2005, coincidiendo con los problemas de abastecimientos de agua en algunos pueblos del Valle, a causa de la sequía, apareciendo numerosas noticias y artículos en los medios de comunicación donde se recogía la polémica mencionada. El objetivo de este trabajo, ha sido determinar los posibles efectos generados por el bromuro de metilo utilizado en este cultivo en la contaminación de las aguas subterráneas.

2. METODOLOGÍA

En la realización del presente trabajo se van a seguir los siguientes pasos:

- Revisión bibliográfica de los últimos trabajos y estudios publicados sobre el uso posibles efectos de los medios de producción utilizados en el cultivo de plantón de fresas.
- La determinación cuantitativa y cualitativa de los productos fitosanitarios y abonos utilizados en este cultivo en la zona de estudio, a través de los Anuarios Estadísticos publicados tanto por la Junta de Castilla y León (Junta de Castilla y León, 2005, 2006, 2007, 2008 y 2009) como por el Ministerio de Medio Ambiente Rural y Marino (Ministerio de Medio Ambiente Medio Rural y Marino, 2005, 2006, 2007, 2008 y 2009), así como por la información recibida por los operadores de este sector.
- Por el estudio analítico de la siguiente documentación, podremos determinar los posibles efectos de los productos estudiados en el Valle Amblés:
 - Análisis de las aguas subterráneas, de diferentes puntos de la Cuenca del Duero, durante varias campañas, realizados por la Confederación Hidrográfica del Duero (CHD), a través de la Red Básica de Control de Aguas Subterráneas de la CHD.
 - Resultados analíticos de muestras de aguas y suelos, realizados por nuestro equipo de investigación en la provincia de Ávila, algunos de los cuales se han presentado en diferentes congresos (Díaz-Fernández *et al.*, 2009; Ramos Miras *et al.*, 2008, 2010; San José Wery *et al.* 2008 a y b)

3. RESULTADOS

3.1. EL CULTIVO DEL PLANTÓN DE FRESA.

La fresa es una planta que para poder cumplir su ciclo productivo de forma conveniente precisa de unas condiciones edáficas y climatológicas especiales en las primeras etapas de su crecimiento, destacando la necesidad de:

- **Climas continentales** que le permita acumular las “horas frío” necesarias para almacenar reservas y para obtener, ya en tierras más cálidas, una floración adecuada (entre 450-600 horas).
- **Terrenos sueltos y de textura arenosa**, enclavados a altitudes próximas a los 1.000 m., características que hacen disminuir la transmisión de virosis por agentes vectores (pulgonos y nematodos)

El hecho de que en ciertos puntos de la meseta castellana, ciertas zonas de Ávila, entre otras se den estas especiales circunstancias ha determinado que, desde hace ya algunos años, en Niharra y otros pueblos del valle Amblés se hayan establecido cultivos para la obtención de plantas madres de fresas, las cuales, una vez desarrolladas y acondicionadas, son enviadas al sur peninsular para ser trasplantadas y aplicadas a la obtención del fruto. De esta forma, se cumple un típico ciclo de cultivo que iniciado en California –lugar más general de procedencia de las pequeñas “plántulas”- prosigue su desarrollo vegetativo en Ávila, con la producción de plantas madres, y concluye en Huelva en donde las plantas madres son trasplantadas para la obtención del fruto.

En cuanto a las superficies dedicadas al cultivo, de acuerdo con al Anuario Estadístico de Castilla y León del año 2009, la superficie dedicada al cultivo de plantones de fresas y fresones en esta Comunidad autónoma es de 1174 ha., correspondiendo 442 ha. a la provincia de Ávila y según los datos del Servicio Territorial de Agricultura y Ganadería de Ávila, de estas 442 ha. 197 ha. se encuentran en el Valle Amblés y de éstas pertenecen al municipio de Niharra 107,76 ha. (tabla 1)

PROVINCIA	SUPERFICIE (ha)
Ávila	442
Palencia	26
Segovia	600
Valladolid	102
Zamora	4
TOTAL	1174

Tabla 1. Superficies dedicadas al plantón de fresas en Castilla y León. Fuente: Anuario Estadístico de Castilla y León 2009

3.2. CICLO DE CULTIVO DEL PLANTÓN DE FRESA EN EL VALLE AMBLÉS

Como hemos indicado anteriormente las características geográficas y climatológicas del Valle Amblés le hacen ser el lugar idóneo para el asentamiento de los denominados

Viveros de Altura, especializados en el cultivo del plantón de fresa para su plantación y posterior fructificación en la provincia de Huelva.

La principal peculiaridad del cultivo que se desarrolla en el Valle Amblés con respecto a las prácticas culturales habituales para las fresas radica en la práctica de la **fertirrigación** basada en la aplicación de riego localizado, a través del cual se incorporan y distribuyen los abonos y productos fitosanitarios, por lo que es el agua de riego el vector de entrada de los mismos al cultivo. Con este sistema de riego sólo se humedece una parte del suelo, de donde la planta podrá obtener el agua y los nutrientes que necesita e implica una alta frecuencia de aplicación. Estas características de localización y alta frecuencia suponen una serie de ventajas tanto agronómicas como económicas entre las que destacan:

- ◆ Dosificación racional con una mayor eficiencia y rentabilidad de los medios de producción.
- ◆ Nutrición optimizada del cultivo para cada suelo, agua de riego y clima.
- ◆ Ahorro de agua
- ◆ Control de la contaminación al evitar el exceso de nutrientes

En cuanto a los tratamientos fitosanitarios, las explotaciones dedicadas a la obtención de plantas madres de fresa están obligadas a comunicar anualmente al Servicio de Sanidad y Ordenación Agrícola de la Consejería de Agricultura y Ganadería de la Junta de Castilla y León una relación con los **tratamientos anteriores a la plantación en viveros de plantas de fresa**, en la que se refleja el calendario de tratamientos que van a realizar. Con posterioridad, y a criterio del citado Servicio, se encomienda a la Sección de Sanidad y Producción Vegetal del Servicio Territorial de Agricultura y Ganadería que se controlen e inspeccionen los tratamientos que convengan con el levantamiento del correspondiente Acta, comprobando, entre otras cosas, que el operario responsable de la aplicación dispone del preceptivo carné de manipulador de nivel especial correspondiente.

El ciclo de cultivo de la fresa destinada a la producción de plantas se desarrolla entre Marzo y Octubre. A continuación se describen las prácticas culturales y los tratamientos fitosanitarios más comunes durante el ciclo de cultivo.

Marzo. En Marzo se desinfecta el suelo mediante la aplicación de una mezcla de Bromuro de Metilo (actualmente prohibido y sustituido por otros productos alternativos) y Cloropicrina. El proceso se realiza en dos etapas, cubriendo de forma alterna bandas de tierra con plástico (acolchado) e inyectando el desinfectante gaseoso en la tierra debajo del plástico. Después de una semana se retira el plástico de las franjas tratadas y se

cubre la franja alternante. De este modo se garantiza el tratamiento de la totalidad del suelo. La composición de la mezcla de Bromuro de Metilo (BrMe) y Cloropicrina (CP) ha ido variando en las sucesivas campañas, de acuerdo con las encuestas realizadas a los agricultores de la zona, pasando de la proporción 98% BrMe / 2% CP a la de 67% BrMe / 33% CP y siendo la última utilizada 50% BrMe / 50% CP. **La dosificación media de esta mezcla en los tratamientos es de 500 Kg /ha.**

En la actualidad, según los controles efectuados por el Servicio Territorial de Agricultura y Ganadería de Ávila, sobre los tratamientos de desinfección de suelos llevados a cabo en viveros de fresas de esta provincia, se deduce que las alternativas al bromuro se siguen centrando en fumigaciones químicas con productos autorizados. Entre estos productos, las materias activas más utilizadas son: la **Cloropicrina; Cloropicrina + 1,3 Dicloropropeno; Dazomet y Metam Sodium.**

Abril. Se aplica un abono de fondo NPK (19:8:12) con una dosificación de 250 Kg/ha. y se realiza la plantación.

Mayo – Septiembre. El periodo de regadío se concentra en Junio, Julio y Agosto y dura hasta principios de Septiembre, a esta época corresponde los tratamientos directos sobre el cultivo (abonado de cobertera, tratamientos herbicidas, fungicidas e insecticidas), en la mayoría de las empresas se emplea la fertirrigación en continuo con dosificación de fertilizantes, ácido húmico y fúlvico. El fertilizante utilizado es NPKCa en una dosificación de 70 – 40 – 120 – 120 Kg/ha y año.

Tratamientos Herbicidas. Las materias activas autorizadas para este tipo de tratamientos en fresa son: **CLORTAL DIMETIL, NAPROPAMIDA, PENDIMETALINA Y QUIZALOFOP-P-ETIL330.** Su aplicación al cultivo dependerá de las condiciones de nascencia de las malas hierbas. Todos ellos tienen una elevada persistencia en el suelo o bien se adsorben a las partículas del suelo evitando su lixiviación a capas freáticas.

Tratamientos Fungicidas: En el cultivo del plantón de fresa suelen ser frecuentes los problemas fúngicos o bacterianos. Entre ellos destacan las enfermedades causadas por *Botrytis cinérea*, *Sphaeroteca macularis f.sp.fragariae*, *Mycosphaerella fragaria* y *Phytophthora cactorum*. Para combatirlos, las materias activas autorizadas mas frecuentemente utilizadas son: AZOXISTROBIN, AZUFRE, BOSCALIDA, BUPIRIMATO, CIPROCONAZOL, CLORTALONIL, FENHEXAMIDA, FOLPET FOSETIL, IPRDIONA +

PIRACLOSTROBIN, KRESOXIM-METIL, MANCOCEB, MANEB, MEPANIPIRIM, MICLOBUTANIL, PIRIMETANIL, TETRACONAZOL, TIRAM entre otros

Este tipo de tratamientos no es sistemático, sino que es puntual a lo largo de los años y en su caso, suele ser único en toda la campaña, salvo años excepcionales, que puede repetirse. Además, los fungicidas y bactericidas relacionados tienen en común su rápida degradación en el suelo, bien por fotólisis o bien por degradación bacteriana por lo que la contaminación de las capas freáticas con estos productos no suele ser corriente.

3.3. CARACTERÍSTICAS Y EFECTOS DEL BROMURO DE METILO

De acuerdo con lo expuesto anteriormente nos vamos a centrar en el estudio de los posibles efectos que sobre los seres vivos y el medio ambiente ha podido causar la utilización durante muchos años del Bromuro de metilo en el cultivo de fresa de la zona.

Partiendo de la ficha técnica del Bromuro de Metilo, destacamos las siguientes propiedades físicas y químicas:

- Es un producto químico muy peligroso, ya que el umbral del olor es mucho más alto que la concentración tóxica, por lo que no se advierte su presencia, por esa razón se le suele agregar cloropicrina al 2 %, que es una sustancia lacrimógena, como agente delator.
- Tiene un punto de ebullición igual a 3.5 °C y un punto de fusión igual a -93.66 °C. Su densidad relativa es de 1.730 a 0 °C.
- Tiene una solubilidad en agua de 13.4 g/L a 25 °C. Es soluble en éter, benceno, tetracloruro de carbono, disulfuro de carbono, etanol y cloroformo.
- Esta sustancia se descompone al calentarse y al quemarse, produciendo gases tóxicos y corrosivos que incluyen al bromuro de hidrógeno y al oxibromuro de bromo y carbono.
- Reacciona con oxidantes fuertes.
- Es corrosivo de muchos metales en presencia de agua, incluyendo el aluminio, estaño, zinc, magnesio y sus aleaciones. Cuando ataca a estos metales se forman compuestos pirofóricos que provocan peligro de explosión y fuego.

De acuerdo con la ficha técnica de este producto su persistencia en el medio ambiente es:

- En la **atmósfera** está presente como vapor, el cual se degrada mediante reacciones con radicales hidroxilo, con una **vida media de un año**. Este compuesto no es susceptible a la fotólisis directa en el aire
- En el **suelo** muestra una movilidad muy alta y una persistencia moderada (**vida media de 30 a 60 días**). En los sistemas terrestres puede ser degradado por reacciones químicas o biológicas, procesos favorecidos por un alto contenido de materia orgánica.
- En el **agua** la hidrólisis química es su principal mecanismo de degradación, con una **vida media igual a 20 días**. En este medio no se espera que se una a los sólidos suspendidos y sedimentos
- La volatilización es un destino ambiental importante para este compuesto tanto en el agua como en el suelo.
- Su potencial de bioconcentración en organismos acuáticos es bajo. Puede ser absorbido por las plantas.

Efectos de la utilización del bromuro de metilo

En la revisión bibliográfica realizada (Castro *et al.*, 1983; Custodio, 1992; Guengerich *et al.*, 1993; Moilanen *et al.*, 1978 y Noling & Potter, 1998) hemos encontrado varios estudios e informes sobre los efectos en el medio ambiente del uso del BrMe como plaguicida en distintos cultivos, los resultados obtenidos se pueden resumir en los siguientes puntos:

- 1) **Sobre la capa de ozono:** se ha comprobado que el efecto del BrMe sobre la capa de ozono es 20 veces más perjudicial que el de los gases CFC. Se considera probado que el Bromuro de metilo que llega a la atmósfera procede de fuentes naturales y artificiales. La principal fuente natural es el océano, contribuyendo con un 70 – 80 % del BrMe que llega al aire.

Entre las fuentes artificiales destacan:

- El uso agrícola del BrMe (fumigación de suelos), se considera que el 30 -60 % del BrMe aplicado se escapa a la atmósfera
- Quema de biomasa
- Gases procedentes de la gasolina con plomo

Este efecto sobre la capa de ozono ha motivado la regulación y eliminación del producto en los países firmantes del **Protocolo de Montreal**. A tenor de lo dispuesto en el Reglamento (CE) N° 2037/2000, la utilización del Bromuro de Metilo en el ámbito de la Unión Europea quedó prohibida el pasado 1 de enero de 2005; no obstante, quedaron permitidos temporalmente (hasta el 31 de Diciembre de 2008), y en cantidades limitadas, unos llamados **“usos críticos”** para aquellas actividades en las que la no utilización de tal producto podría originar importantes pérdidas económicas al no disponerse de

sustitutivos inocuos que vinieran a reemplazar los efectos que aquel propiciaba. El **31 de diciembre de 2008** se extinguieron las moratorias indicadas, siendo así que las plantaciones correspondientes a la campaña 2009 han sido las primeras sin el uso del citado bromuro.

- 2) **Efectos en organismos acuáticos:** también hay evidencias de efectos nocivos en organismos acuáticos, para los cuales resulta moderadamente tóxico. En concentraciones de 11 mg/l es tóxico para peces de agua dulce y para peces de mar en concentraciones de 12 mg/l.
- 3) **En suelos y aguas subterráneas:** el bromuro de metilo se evapora rápidamente a las temperaturas de fumigación, pero parte puede ser atrapado en los microporos del suelo tras su aplicación. En áreas donde se empleaba el BrMe de forma intensiva, se han realizado estudios detallados de las aguas subterráneas, sin llegar a detectarse residuos de BrMe, por ejemplo en la zona de Florida, donde ha sido ampliamente utilizado el BrMe durante muchos años (Noling & Potter, 1998). En la degradación del bromuro de metilo en agua y suelo se obtiene CO₂, H₂O y compuestos inorgánicos de bromo, siendo los principales Bromuros y Bromatos, los bromatos por efecto de la materia orgánica pasan a bromuros. La presencia de bromuros en el suelo y su lixiviación hacia aguas subterráneas se considera poco relevante por su baja toxicidad humana y ecológica. En suelos naturales las concentraciones de bromuro pueden variar entre 1 y 5 ppm, mientras que la concentración media en el agua del mar es de 65 ppm.
- 4) **En aguas superficiales:** El bromuro de metilo raramente es arrastrado hacia aguas superficiales, ya que se evapora fácilmente. Pero si se produce contacto con las aguas, el tiempo de vida media es de 6,6 horas a una temperatura de 11° C.
- 5) **En vegetales:** la cantidad de ion bromuro (el metabolito del bromuro de metilo) tomado por las plantas del suelo es proporcional al contenido de proteínas del tejido. Se encuentran altos niveles de bromuro en plantas altamente proteicas.

3.4. BROMURO DE METILO EN EL VALLE AMBLÉS

En primer lugar vamos a determinar la contribución del BrMe utilizado en los cultivos de plantones de fresas en el Valle Ambles, al total utilizado en Castilla y León y en España.

- Contribución del BrMe utilizado en el Valle Ambles

El Protocolo de Montreal tomó como nivel de referencia la cantidad de BrMe utilizada en el año 1991, para España los consumos máximos permitidos, en toneladas, se muestran en la tabla 2

1991 línea base	A partir de 1 de Enero de 1999	A partir de 1 de Enero de 2001	A partir de 1 de Enero de 2003	A partir de 1 de Enero de 2005 (1)
100%	75%	40%	25%	0%
4236,0	3177,0	1694,0	1059,0	0,0

Tabla 2 Consumos máximos permitidos de BrMe en España. Fuente: Informe Mayo 2003 del MBTOC

(1) Solo usos críticos autorizados por el Protocolo de Montreal

La tabla 3 muestra el consumo de BrMe, en Toneladas, utilizado en España en el año 2000, por Comunidades Autónomas y cultivos fueron (datos de MBTOC (Comité de Opciones Técnicas sobre Bromuro de Metilo) de las Naciones Unidas).

Es de destacar que España, en el año 2000, podría haber consumido hasta 3177 t. (Tabla 2), consumiendo sólo 2278,250 t, queda claro que cumplió ampliamente con esa imposición ya que utilizó una cantidad muy inferior.

En los años 2001 y 2002, los consumos agrícolas de BrMe en España fueron 1547,8 t y 1556,9 t, respectivamente; en estos años la cantidad máxima autorizada para España era de 1694,4 t. Como se ve, España ha cumplido sus compromisos y obligaciones derivadas del Protocolo de Montreal.

En las Tablas 4 y 5 se indican unos datos correspondientes a las solicitudes de consumo de BrMe para uso crítico



CCAA	Fresa	Pimiento	Flor	Cultivos Hortícola	Cítricos/ /Tabaco	Total (Tm)
Andalucía	716,423	177,048	112,400	63,537	-	1.069,408
Aragón	-	-	-	-	-	0
Asturias	-	-	-	-	-	0
Canarias	24,250	-	16,200	-	-	40,450
Cantabria	-	-	-	-	-	0
Castilla y León	237,337	0,250	-	-	-	237,587
Castilla-La Mancha	0,003	-	-	-	-	0,003
Cataluña	44,484		40,239	39,786	-	124,509
Euskadi	-	-	-	-	-	0
Extremadura	-	2,470	-	-	6,315	8,785
I.Baleares	8,400	1,250	0,400	18,550	-	28,600
Galicia	1,106	0,018	2,761	0,027	-	3,912
La Rioja	-	-	-	-	-	0
Madrid	-	-	-	8,100	-	8,100
Murcia	-	435,000	-	-	-	435,000
Navarra	-	-	-	-	-	0
C.Valenciana	5,000	160,000	2,000	103,000	50,000	320,000
Total	1.037,003	776,040	174,000	233,000	56,315	2278,250

Tabla 3 Consumo de BrMe en el año 2000 en España. Fuente: MBOTC (2000)

CCAA	Fresa	Pimiento	Flor	Total
Andalucía	556	-	53	609
Castilla y León	230	-	-	230
Cataluña	-	-	20	20
Murcia y Valencia	-	200	-	200
Total	786	200	73	1059

Tabla 4 Solicitudes de consumos de BrMe para uso crítico, por cultivos y Comunidades Autónomas en España para el año 2005 en toneladas. Fuente: FAOStat e informe MBTOC Febrero 2004

País	Superficie cultivo (ha)	Producción de fresa (t)	Dosis BrMe (Kg/ha)
Australia	700	15000	¿??
España	7800	328000	100
USA	18655	760000	200
Francia	3710	53900	500
Italia	6700	180000	450-350

Tabla 5 Dosis de BrMe solicitadas por algunos países para usos críticos en el cultivo de fresas para el año 2005. Fuente: FAOStat e informe MBTOC Febrero 2004

En el Informe de MBTOC de Febrero de 2004 [8], entre las conclusiones se indica: “Para los usos críticos en el año 2005 se ha solicitado la mínima cantidad y dosis que los resultados de la investigación agronómica permite. En el caso concreto de la fresa, la dosis solicitada por España 2005 es de 100 Kg/ha.; muchos países, europeos y no europeos, han solicitado, y a algunos se les ha concedido, dosis por ha. para este mismo cultivo mayores, lo que da idea del éxito de los investigadores españoles. A título de mero ejemplo, cabe señalar, que España, cuya producción de fresa es el 43% de la producción de EEUU, ha solicitado para uso crítico solamente el 22% de lo solicitado por este país. Con respecto a Italia, España, cuya producción casi duplica a la de Italia (un 82 % más de producción), ha solicitado como uso crítico una cantidad muy ligeramente superior (sólo un 9% más)”

Tomaremos para este cálculo el año 2000, al ser un año donde ya se aplicaba los usos críticos pero en el primer tramo de reducción:

El número de ha. dedicadas al cultivo de plantones de fresas en el Valle Amblés en el año 2000 era prácticamente igual al del año 2009, y en todo caso menor, por lo que si consideramos las 197 ha. de 2009 estamos considerando una situación más desfavorable. Lo mismo ocurre al considerar los datos de ha. de Ávila y Castilla y León

Los datos a considerar son:

- Hectáreas totales en Castilla y León: **1174** (Tabla 1)
- Hectáreas Ávila: **442** (Tabla 1)
- Hectáreas Valle Amblés: **197**
- Toneladas de BrMe aplicadas al cultivo de fresas en España: **1037,003** (tabla 3)
- Toneladas de BrMe aplicadas al cultivo de fresas en Castilla y León: **237,337** (Tabla 3)
- Toneladas de BrMe aplicadas en todos los cultivos en España **2278,250** (Tabla 3)

Con estos datos se deduce que la Toneladas de BrMe aplicadas en el Valle Amblés en el año 2000 fueron como máximo **39,82 t.**, este dato supone un **3,84 %** del utilizado en Castilla y León en el cultivo de fresas y un **1,74%** de todo el BrMe aplicado en todos los cultivos en España.

Desde el año 2000 al 2009 (año de su total prohibición) disminuyó enormemente el consumo de BrMe como indican los datos de la Tabla 5 al ir siendo sustituido por productos alternativos.

Una vez determinados estos porcentajes, vamos a intentar determinar los posibles efectos en la capa de ozono y en las aguas subterráneas.

CAPA DE OZONO

Situación más desfavorable:

- ◆ Superficie dedicada a este cultivo: 197 ha
- ◆ Composición de la mezcla aplicada: 98% BrMe / 2% CP.
- ◆ Dosis total de aplicación: 500 Kg/ha. y año, aportada en dos etapas
- ◆ Porcentaje de BrMe aplicado que se escapa a la atmósfera: 60%
- ◆ Distancia a la Ozonosfera: 15 Km.

BM aplicado anualmente:

197 ha. x 500 Kg/ha = 98500 Kg de mezcla aplicada

98500 Kg x 0,98 = 96530 Kg de BrMe aplicado

96350 Kg x 0,60 = 57918 Kg de BrMe que se escapa a la atmósfera.

Volumen de atmósfera:

Volumen = Superficie x altura

Volumen = 197 ha x 10000 m²/ha. x 15000 m. = 29,55 x 10⁹ m³ = 29,55 x 10¹² l.

Concentración en las condiciones más desfavorables para el medio ambiente:

57918 x 10⁶ mg / 29,55 x 10¹² l. = **0,002 ppm.** de BrMe han llegado a la capa de ozono anualmente procedente de esta actividad procedentes del valle Amblés.

Situación más favorable:

- ◆ Superficie dedicada a este cultivo: 197 ha
- ◆ Composición de la mezcla aplicada: 50% BrMe / 50% CP.
- ◆ Dosis total de aplicación: 500 Kg/ha. y año, aportada en dos etapas
- ◆ Porcentaje de BM aplicado que se escapa a la atmósfera: 30%

- ◆ Distancia a la Ozonosfera: 32 Km.

BrMe aplicado anualmente:

197 ha. x 500 Kg/ha = 98500 Kg de mezcla aplicada

98500 Kg x 0,50 = 49750 Kg de BM aplicado

49750 Kg x 0,30 = 14775 Kg de BM que se escapa a la atmósfera.

Volumen de atmósfera:

Volumen = Superficie x altura

Volumen = 197 ha x 10000 m²/ha. x 32000 m. = 63,04 x 10⁹ m³ = 29,55 x 10¹² l.

Concentración en las condiciones más favorables para el medio ambiente:

14775 x 10⁶ mg / 63,04 x 10¹² l. = **0,0002 ppm.** de BrMe han llegado a la capa de ozono anualmente procedente de esta actividad

AGUAS SUBTERRÁNEAS

El Bromuro de Metilo, al igual que los fungicidas y bactericidas utilizados actualmente, **sufren una rápida degradación en el suelo** (Noling & Potter, 1998), bien por fotólisis o bien por degradación bacteriana. Por ello, la contaminación de las capas freáticas con estos productos no suele ser corriente, como puede observarse en los resultados analíticos de las aguas subterráneas de diferentes puntos de la Cuenca del Duero, realizados por la Confederación Hidrográfica del Duero (CHD), durante varias campañas a través de la Red Básica de control de aguas subterráneas de la CHD.

La determinación analítica que vamos a estudiar para la evaluación de los posibles efectos del uso de productos fitosanitarios en las aguas subterráneas, es el “contenido de productos orgánicos” de las mismas. En el Valle Amblés el único punto de control de la CHD se encuentra en El Fresno (PC.02.21.05), pero en dicho punto no se realizan determinaciones de productos orgánicos al no considerarlos necesarios, por ello hemos

elegidos 5 puntos cercanos al Valle, que nos puedan dar idea de los efectos de los actuales productos fitosanitarios (Tabla 6)

PUNTO	X UTM	Y UTM	PROFUN- DIDAD	MUNICIPIO(PROVINCIA)
CA.02.08.35	345100	4612000	350	CIGUÑUELA (VALLADOLID)
CA.02.08.37	381450	4620700	324	PIÑA DE ESGUEVA (VALLADOLID)
CA.02.08.38	381275	4585300	0	VALLELADO(SEGOVIA)
CA.02.17.94	343682	4531463	210	FUENTE EL SAUZ (AVILA)
CA.02.17.97	350300	4585875	118	MATAPOZUELOS (VALLADOLID)

Tabla 6. Puntos de control elegidos. FUENTE: Confederación Hidrográfica del Duero

Las tomas de muestras que vamos a utilizar fueron realizadas en las siguientes épocas:

Noviembre de 2001, Julio de 2002 y Abril de 2005

Los resultados analíticos, se pueden resumir en las tablas 7, 8, 9 y 10, donde se recogen los compuestos orgánicos detectados en las aguas subterráneas, en los distintos puntos y épocas considerados

<u>CA02.08.35 unidades ng/L</u>	<u>nov-01</u>	<u>jul-02</u>	<u>abr-05</u>
1,2,4-Triclorobenceno	44	1	1
Di(2-etilhexil)ftlato (DEHP)	36	289	63
Diclorobenceno (suma isómeros orto, meta y para)	49	64	11
Diclorometano	1300	1091	51
Etilbenceno	16	51	0
Hexaclorobutadieno	1	1	0
Pentaclorobenceno	10	0	0
Pentaclorofenol	0	0	0
Triclorobenceno (suma isómeros)	44	2	1
Triclorometano (cloroformo)	19	92	29
Xileno (suma isómeros orto, meta y para)	12	114	77
Total ng/L	1531	1705	233

Tabla 7. Cigüeñuela (Valladolid)

<u>CA02.08.37 unidades ng/L</u>	<u>nov-01</u>	<u>jul-02</u>	<u>abr-05</u>
1,2,4-Triclorobenceno	0	1	0
Di(2-etilhexil)ftlato (DEHP)	34	42	23
Diclorobenceno (suma isómeros orto, meta y para)	0	17	9
Diclorometano	112	144	14
Etilbenceno	15	0	37
Hexaclorobutadieno	5	1	0
Pentaclorobenceno	0	0	0
Pentaclorofenol	94	0	0
Triclorobenceno (suma isómeros)	1	2	0
Triclorometano (cloroformo)	114	158	0
Xileno (suma isómeros orto, meta y para)	18	64	78
Total ng/L	393	429	161

Tabla 8 Piña de Esgueva (Valladolid)

<u>CA02.08.38 unidades ng/L</u>	<u>nov-01</u>	<u>jul-02</u>	<u>abr-05</u>
1,2,4-Triclorobenceno	16	3	0
Di(2-etilhexil)ftlato (DEHP)	131	583	24
Diclorobenceno (suma isómeros orto, meta y para)	9	16	7
Diclorometano	59	18	16
Etilbenceno	12	95	35
Hexaclorobutadieno	2	1	0
Pentaclorobenceno	0	0	0
Pentaclorofenol	0	0	0
Triclorobenceno (suma isómeros)	17	5	0
Triclorometano (cloroformo)	92	55	33
Xileno (suma isómeros orto, meta y para)	22	62	132
Total ng/L	360	838	247

Tabla 9 Valledado (Segovia)

<u>CA02.17.94 unidades ng/L</u>	<u>nov-01</u>	<u>jul-02</u>	<u>abr-05</u>
1,2,4-Triclorobenceno	26	3	0
Di(2-etilhexil)ftlato (DEHP)	59	19	37
Diclorobenceno (suma isómeros orto, meta y para)	37	82	6
Diclorometano	41	356	0
Etilbenceno	37	0	38
Hexaclorobutadieno	0	1	0
Pentaclorobenceno	0	0	0
Pentaclorofenol	0	0	0
Triclorobenceno (suma isómeros)	26	4	0
Triclorometano (cloroformo)	85	211	0
Xileno (suma isómeros orto, meta y para)	218	72	97
Total ng/L	529	748	178

Tabla 10 Fuente El Sauz (Ávila)

En la tabla 11 recogemos los totales de compuestos orgánicos encontrados en cada punto y época:

	nov-01	jul-02	abr-05
CA02.08.35			
unidades ng/L	1531	1705	233
CA02.08.37			
unidades ng/L	393	429	161
CA02.08.38			
unidades ng/L	360	838	247
CA02.17.94			
unidades ng/L	529	748	178

Tabla 11 Totales de compuestos orgánicos.

De acuerdo con los resultados analíticos mostrados en las tablas anteriores, las mayores concentraciones detectadas corresponden a **Diclorometano o cloruro de metileno** CH_2Cl_2 , recogidos en la tabla 12:

	Nov-01 (ng/L)	Jul-02 (ng/L)	Abril-05 (ng/L)
CA02.08.35 Ciguñuela (Valladolid)	1300	1091	51
CA02.08.37 Piña de Esgueva (Valladolid)	112	144	14
CA02.08.38 Vallelado (Segovia)	59	18	16
CA02.17.94 Fuente El Sauz (Ávila)	41	356	0

Tabla 12. Contenido de Diclorometano o cloruro de metileno

El Centro Internacional de Investigación sobre el Cáncer (CIIC) (Organización con financiamiento independiente dentro del marco de la Organización Mundial de la Salud) ha incluido al diclorometano en el grupo 2B (Sustancias posiblemente carcinógenas para el ser humano), ya que los estudios y pruebas existentes, en su conjunto, sugieren que no es una sustancia cancerígena genotóxica y que no forma cantidades significativas de metabolitos genotóxicos in vivo

De hecho las Normas Internacionales para el agua potable de la OMS de 1958, 1963 y 1971 no hacían referencia al diclorometano. Posteriormente en la primera edición de las Guías para la calidad del agua potable, publicada en 1984, no se recomendó ningún valor de referencia, tras una evaluación pormenorizada del compuesto.

La primera evaluación de riesgos se realizó en 1993, el equipo de trabajo acordó en su reunión de 2003 incluir esta evaluación de riesgo en la edición del 2004 de las Guías para la calidad del agua potable, siendo incluido en dicha Guía, “valores de referencia correspondientes a sustancias químicas de fuentes industriales y núcleos habitados cuya presencia en el agua de consumo puede afectar a la salud, determinando un valor de 20 µg /L (20000ng/L)

La cantidad máxima determinada en los puntos de control considerados son 1300 ng/L, correspondiente al control CA.02.08.35 situado en Ciguñuela (Valladolid) en Noviembre de 2001, muy inferior a los 20000 ng/L

4. CONCLUSIONES

La utilización del Bromuro de Metilo, en el ámbito de la Unión Europea, quedó prohibida el pasado 1 de enero de 2005; no obstante, quedaron permitidos temporalmente (hasta el 31 de Diciembre de 2008), y en cantidades limitadas, los llamados “**usos críticos**” para aquellas actividades en las que la no utilización de tal producto podría originar importantes pérdidas económicas al no disponerse de sustitutivos inocuos que vinieran a reemplazar los efectos que aquel propiciaba, entre estos cultivos se encuentra el plantón de fresas. El **31 de diciembre de 2008** se extinguieron las moratorias indicadas, siendo así que las plantaciones correspondientes a la campaña 2009 han sido las primeras sin el uso del citado bromuro.

Cantidad utilizada en el Valle Amblés: para este cálculo se ha utilizado el año 2000, al ser el año donde ya se aplicaba los usos críticos pero en el primer tramo de reducción, con los datos correspondientes a este año se obtiene que la Toneladas de BrMe aplicadas en el Valle Amblés en el año 2000 fueron como máximo **39,82 t.**, lo que supone un **3,84 %** del utilizado en Castilla y León en el cultivo de fresas y un **1,74%** de todo el BrMe aplicado en todos los cultivos en España. Desde el año 2000 al 2009 (año de su total prohibición) disminuyó enormemente el consumo de BrMe al ir siendo sustituido por productos alternativos

Efectos en la capa de ozono: hemos considerado las condiciones extremas, obteniéndose que en las condiciones extremas las cantidades de bromuro de metilo, procedente del Valle Amblés y del cultivo de plantón de fresas y fresones, que han llegado a la capa de ozono son de **0,002 ppm** y **0,0002 ppm** anualmente.

En suelos y aguas subterráneas: el bromuro de metilo se evapora rápidamente a las temperaturas de fumigación, pero parte puede ser atrapado en los microporos del suelo tras su aplicación. La presencia de bromuros en el suelo y su lixiviación hacia aguas subterráneas se considera poco relevante por su baja toxicidad humana y ecológica. En suelos naturales las concentraciones de bromuro pueden variar entre 1 y 5 ppm, mientras que la concentración media en el agua del mar es de 65 ppm. De acuerdo con los resultados analíticos de la CHD las mayores concentraciones detectadas de compuestos orgánicos detectadas en las aguas subterráneas analizadas corresponden a **Diclorometano o cloruro de metileno CH_2Cl_2** , siendo la cantidad máxima detectada en los puntos de control considerados de **1300 ng/L**. muy inferior a los **20000 ng/L** que es el valor establecido como valor de referencia en La Guía de la Calidad del agua potable

7- REFERENCIAS

Castro, C.E.; Belser, N.O. *J Agric Food Chem* 31: 1184-7 (1983)

Custodio, E. 1992. Groundwater Pollution in Spain: General Aspects. *J. Inst. Water & Environmental Management*, 6(4): 452-458. London

Díaz-Fernández, PM; Medina Varo, M^a V.; San José Wery, A; Ramos Miras, JJ & Rebollo Blázquez, I. 2009. Actividades humanas y efecto sobre los suelos en el valle Amblés, Ávila. V Congreso Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental. Del 11 al 13 de marzo de 2009. Córdoba.

Guengerich FP, Mimura M, Baba T, Yamazaki H, Ohmori S, Inui Y, Gonzalez FJ, , Shimada T. 1993. Characterization of cytochrome P-450 2B6 in human liver microsomes. *Drug Metab Dispos*; 21: 1048-1056.

Junta de Castilla y León. 2005 a 2009). Anuario Estadístico de la Consejería de Agricultura y Ganadería de la Junta de Castilla y León. Años 2005, 2006, 2007, 2008 y 2009.

Ministerio de Medio Ambiente Medio Rural y Marino. 2005 a 2009. Anuarios Estadísticos del MARM años 2005, 2006, 2007, 2008 y 2009.

MBTOC. 2004. Informe Febrero de 2004 del Comité de Opciones Técnicas sobre el Bromuro de Metilo

Moilanen, K.W., D.G. Crosby and J. Humphrey. 1978. Vapor-Phase Photodecomposition of Chloropicrin. *Tetrahedron*, 34, pp. 3345-3349

Noling, J.W.; Potter, J.W. 1998 Nematode Diseases, In: MAAS, J.L. Compendium of strawberry diseases. 2ed. Beltsville: APS Press/USDA, p.76-81

Ramos Miras, J.J.; Herráez Garrido, F.; Díaz-Fernández, P.M.; San José Wery, A. 2008. Niveles de nitratos en las aguas de la provincia de Ávila, España. 9 Congreso Nacional de Medio Ambiente. Del 1 al 5 de diciembre de 2008, Madrid.

Ramos Miras, J.J.; San José Wéry, A.M.; Díaz-Fernández, P.M.; Herráez Garrido, F. 2009. Caracterización físico-química de aguas de manantiales situados en zonas forestales y su comparación con manantiales situados en zonas agrícolas en la provincia de Ávila. V Congreso Forestal Español, 21 – 25 Septiembre, Ávila.

San José Wery, A; Herráez Garrido, F.; Díaz-Fernández, P.M. & Ramos Miras, J.J. 2008a. Niveles de As, NO₃, Pb, Ni, Zn. en las aguas de las depresiones terciarias de la provincia de Ávila. (Valles Amblés y Corneja). 9 Congreso Nacional de Medio Ambiente. Del 1 al 5 de diciembre de 2008, Madrid.

San José Wéry, A., Ramos Miras, J. J., Sierra Medina, L., Boluda Hernández, R., Gil de Carrasco, C. 2008b. Levels of Arsenic in waters of Ambles Valley (Ávila, Spain). 2nd International Congress. Arsenic in Environmet. Valencia (Spain)