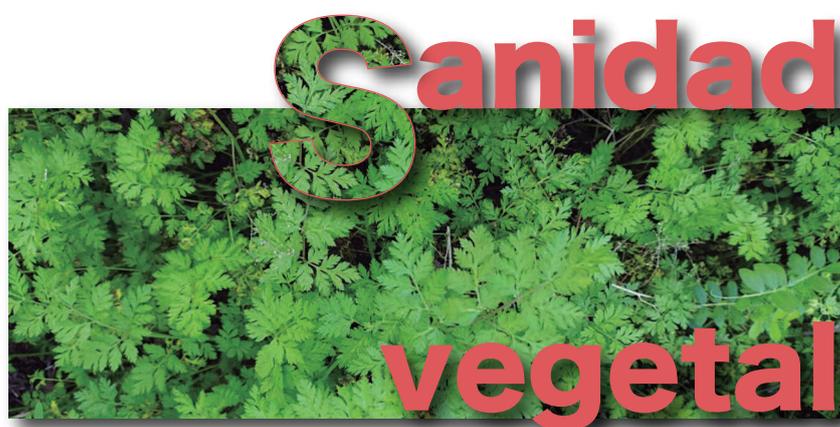


# Día Escolar de las Matemáticas

12 de mayo de 2021



FRANCISCO HARO LAGUARDIA



La FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Pesca, propuso el año 2020 como el año para concienciar a gobiernos, científicos, empresas y toda la población en general, de la necesidad de proteger el mundo vegetal de las invasiones de plagas, así como la necesidad de un uso sostenible de los productos fitosanitarios para el control y eliminación de las mismas. Esta es la razón de este trabajo, aportar desde la educación, campo de cultivo de un futuro mejor, una reflexión sobre la necesidad de un uso controlado de los productos fitosanitarios y su sustitución por otras técnicas de control más sostenibles con un grado mínimo de alteración de las aguas subterráneas y superficiales del planeta.

Como introducción al tema se puede ver el video que presenta el año 2020 como año internacional de la sanidad vegetal:



<https://www.youtube.com/watch?v=cTrgdovWxKc#action=share>

Las matemáticas son fundamentales en este campo, como en otros muchos. Los modelos de aplicaciones y su correcta administración se formulan de forma que se puedan optimizar tanto gastos como reducir la contaminación al mínimo. La contaminación que sufre el planeta es uno de los grandes males que el ser humano debe afrontar. Dentro de los objetivos de desarrollo sostenible, la ONU ha declarado toda una década, desde 2021 hasta 2030, un extenso periodo para trabajar sobre el desarrollo sostenible de océanos y mares, siendo un campo la mejora de la fauna y flora marina. Es el objetivo catorce de los diecisiete que se marcó la ONU: «Conservar y utilizar en forma sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos».

Entendemos por contaminación cualquier alteración del medio que pueda afectar a la salud de los seres vivos, sean animales o vegetales. La contaminación se puede producir por varios factores, estando asociada generalmente al desarrollo económico de la sociedad y puede afectar de muchas formas a la vida

del ser humano y de las plantas: la contaminación del aire, especialmente la de las grandes ciudades, la contaminación del agua, tanto las aguas superficiales como la subterráneas, la contaminación lumínica y la contaminación acústica principalmente.

Los agentes contaminantes pueden ser múltiples, desde el uso abusivo del claxon en las ciudades, hasta el vertido de aceites en los arroyos. Sin duda el ser humano es capaz de lo mejor y lo peor en cuanto a temas de cuidado ambiental.

## Actividad 1

Lee el artículo introductorio de la FAO para este año 2020, disponible en este enlace:

[http://fespm.es/wp-content/uploads/2020/04/  
Artículo-introductorio-de-Sanidad-Vegetal.pdf](http://fespm.es/wp-content/uploads/2020/04/Artículo-introductorio-de-Sanidad-Vegetal.pdf)

A continuación, y trabajando en equipos de tres o cuatro estudiantes, elabora un listado de, al menos, cinco acciones contaminantes e indica el medio sobre el que actúa (aire, tierra, o agua), que pueden afectar a la salud de las plantas. De igual manera, escribe alguna propuesta de reducción de dicha contaminación.

Una vez elaborado el listado, se propone una puesta en común dirigida por el profesor. Se reflexionará sobre aquellas acciones contaminantes que más se han repetido. Tras la puesta en común, representa un diagrama de barras y un diagrama de sectores que indique la frecuencia del medio sobre el que actúa.



Entre los agentes contaminantes se encuentran los productos fitosanitarios o también llamados plaguicidas. Son productos químicos que actúan sobre las plantaciones para el control de plagas o prevención de las mismas, también se utilizan para un mejor rendimiento de la cosecha o para la eliminación total de algún ser vivo o planta perjudicial para el cultivo que se esté tratando.

El término sanidad vegetal hace referencia a todo aquello que afecta a la salud de las plantas. Engloba, por tanto, aquellos tratamientos que requieran las plantas, así como los cultivos, para su correcto desarrollo, minimizando los daños ocasionados por las plagas y evitar la propagación de las ya existentes.

Aunque el campo de actuación de la sanidad vegetal abarca muchos puntos, vamos a centrarnos en dos campos de acción: los herbicidas, para el control de las malas hierbas que afectan a las plantaciones, y el control de plagas. Veremos cómo las matemáticas nos ayudan en estos campos.

## Herbicidas

Un herbicida es un producto químico diseñado para eliminar las hierbas que crecen en un determinado terreno perjudicando el normal desarrollo de la cosecha o de las plantaciones.

Ya desde finales del siglo XIX el uso de las sales inorgánicas, tales como el sulfato de cobre, se usaron para el control de malezas de hoja ancha en cereales. El primer herbicida orgánico fue DNOC, se introdujo en 1932. El uso de herbicidas se hizo extensivo en 1945 con el lanzamiento de los herbicidas reguladores de crecimiento, 2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético) y MCPA (ácido 4-cloro-2-toliloxiacético). Desde entonces, se ha avanzado mucho en variedades de herbicidas con propiedades específicas para cada tipo de hierba que se desee eliminar. En la década de los 90 del pasado siglo, existían más de 300 ingredientes activos, y, de ellos, sobre unos 200 estaban comercializados.

Actualmente en España hay más de 300 marcas comerciales de productos autorizados.



Figura 1. Dos tipos de herbicidas

## Tipos

Para la clasificación de los herbicidas se pueden utilizar varios criterios: toxicidad, modo de acción, campo de acción del herbicida (general o específico), uso, campo de aplicación (suelo u hojas), o sus propiedades químicas, entre otras formas de clasificación.

La primera clasificación, más genérica, que se hace de los herbicidas afecta a su modo de acción. Según esta, distinguimos dos grupos de herbicidas: herbicidas de contacto y herbicidas sistémicos o residuales. Los primeros actúan sobre la parte de la planta con la que contactan, eliminando las hojas sobre las que el producto cae al fumigarse; los segundos, sobre las hojas y tallos, pero con la diferencia que estos son absorbidos y la savia los traslada hasta la raíz para que la totalidad de la planta muera. El efecto del herbicida se aprecia pasados unos días.

Los herbicidas residuales o sistémicos son los más utilizados en la actualidad, y el componente más usado es el glifosato, comercialmente conocido como Roundup, cuya fórmula química es:  $C_3H_8NO_5P$ .

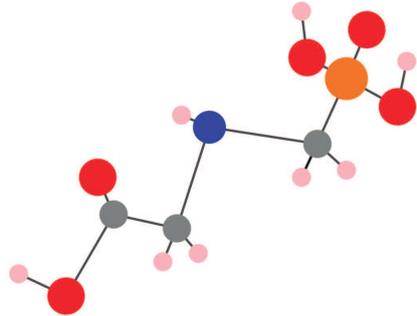


Figura 2. Esquema del glifosato

## Actividad2

La siguiente gráfica muestra el porcentaje, en general, de herbicidas que tienen glifosato entre sus componentes.



En un almacén de productos fitosanitarios nos ofrecen una variedad de 35 herbicidas diferentes. ¿Cuántos cabe esperar que contengan glifosato?

Tras una campaña de publicidad, el almacén adquiere 5 nuevos herbicidas, de los cuales dos no contienen glifosato y los otros tres sí. Construye una gráfica similar a la que se ha proporcionado para esta nueva situación del almacén de productos fitosanitarios.

## Uso de los herbicidas

El uso de los herbicidas debe hacerse con precaución, teniendo en cuenta todas las recomendaciones que el fabricante sugiere.

Hay que tener en cuenta el grado de toxicidad que el producto puede causar en el reino animal, especialmente en los mamíferos. A pesar de que el grado de toxicidad



## Cálculo del volumen necesario

Hace años, cuando se usaban productos fitosanitarios como los herbicidas, siempre se añadía una cantidad extra a la recomendada, y no se calculaba bien el porcentaje de producto que se necesitaba.

Actualmente todas las recomendaciones nos llevan a considerar necesario calcular bien la cantidad de producto que necesitamos y la proporción necesaria al realizar la mezcla, que se conocerá como «caldo», que generalmente se hace con agua.

En el caso de un herbicida que contiene glifosato al 48 %, también conocido como «sal amónica», si deseamos tratar una maleza anual de un campo de diez hectáreas que vamos a sembrar de trigo, y siguiendo las instrucciones del etiquetado:

Deberemos utilizar de media 3 litros por hectárea, necesitando 30 litros de producto y mezclado con 150 litros de agua por hectárea, es decir 1 500 litros de agua. Así pues, en nuestro caso necesitaremos 1 500 litros de agua con 30 litros de producto, manteniendo así un 2,0 % de concentración del producto, que es lo que nos recomienda el fabricante.

En realidad hay muchos otros factores que pueden influir en la cantidad y la proporción del porcentaje de producto que se necesite: cantidad de malas hierbas existentes, equipos de aplicación que se van a utilizar, etc. Todo este tipo de variantes pueden venir indicados en el etiquetado del producto, de ahí la importancia de un buen etiquetado, y su lectura con una correcta interpretación por parte del usuario.

### Actividad 3

Con este mismo producto, ¿qué cantidad de producto y en qué proporción lo necesitaríamos para un pequeño terreno de 0,5 hectáreas de cerezos que se encuentra muy afectado de maleza en su suelo?

<p><b>Cultivos anuales trabajados en cero y/o mínima labranza, Barbechos químicos:</b> trigo, avena, triticale, raps, lupino, praderas de trébol y ballica. <b>Preparación de áreas forestales:</b> eucaliptos y pinos.</p>	<p><b>Malezas Anuales:</b> Ballicas susceptibles, Hualcacho, Pata de gallina, Pega - Pega, Pasto del perro. Amor seco, Bledo, Chamico, Manzanilla, Quingüilla, Rábano, Sanguinaria, Yuyo, Verdolaga, Cardo y Mastuerzo.</p>	<p>2 - 4</p>	<p>Las malezas anuales son sensibles a <b>GLIFOSATO 48% SL</b> en cualquier etapa de desarrollo. Sin embargo, son más susceptibles cuando tienen menos de 15 cm de altura, lo que permite usar dosis más bajas. Considerar volumen de aplicación entre 100 y 200 L de agua/ha. Mantener una concentración mínima entre 1.5 - 2.0 %/hL. Contemplar máximo tres aplicaciones durante la temporada, considerando un espaciamiento de 30 a 45 días entre aplicaciones. Utilizar la dosis menor en caso de baja presión de malezas y la dosis mayor en caso contrario.</p>
---	---	--------------	---

hL: Hectolitro ó 100 L de agua.

Figura 4.. Detalle de etiquetado de herbicida sistémico

## Actividad 4

Se desea aplicar un herbicida a un terreno de cítricos, en concreto naranjas, de tres hectáreas. Se tratará de una aplicación post-emergencia, para las malas hierbas y así evitar su desarrollo para una posterior recolección. Calcula el volumen necesario y la cantidad de producto que necesitamos para el tratamiento.

Para ello dispones de tres tipos de herbicidas, cuyos detalles de dosificación y recomendaciones se muestran a continuación (se entiende por «caldo» la cantidad de mezcla de agua y herbicida):

$H_1$	0,2 kg/ha. Realizar como máximo una aplicación al año. Caldo: 200-400 l/ha
$H_2$	2,2 l/ha. Entre 200 y 300 litros de caldo por hectárea.
$H_3$	2,4 l/ha. 200 litros de caldo por hectárea en tratamientos terrestres.

El primer producto será un herbicida sistémico en polvo  $H_1$ , otro segundo herbicida sistémico  $H_2$  y un tercer herbicida de contacto llamado  $H_3$ .

Si la tabla de precios de cada uno de los productos es la siguiente, hallar el coste de cada uno de ellos. (Se puede consultar a fecha de realización del ejercicio la cotización del euro frente al dólar americano)

$H_1$	$H_2$	$H_3$
74,90 \$/kg	8,15 €/litro	7,75 €/litro

## Equipos de Aplicación

El equipo de aplicación de los herbicidas es importante. No es lo mismo preparar una cantidad pequeña que una cantidad grande de producto. Si el terreno es pequeño y bastara con una dosis menor de 50 litros, se podría usar la mochila de sulfatar como se la conoce en el mercado. Si el terreno requiere una cantidad mayor, hasta unos 200 litros de aplicación, se puede recurrir a las pequeñas cubas portátiles de una capacidad de entre 50 y 200 litros. Para terrenos que requieran mayor cantidad, se recurre a las cubas de hasta 2000 litros de capacidad. Para grandes extensiones de terreno, podríamos encontrar cubas con mucha mayor capacidad, por encima de los 8000 litros, alcanzando hasta 20000 litros de capacidad.

Por lo general, el uso más extendido es el de las mochilas de entre 14 y 18 litros, y las cubas remolque de 2000 litros de capacidad.

La maquinaria de aplicación, además de los depósitos de diferentes capacidades, dispone de otros elementos importantes a la hora de la aplicación del herbicida o algún otro tipo de producto fitosanitario, como son las boquillas de aplicación.

En el mercado encontramos multitud de boquillas de aplicación, cada una de ellas diseñada para un tipo de pulverización con efectos diferentes al aplicarlas. En esta pulverización intervienen el campo de acción, el grado de inclinación de salida del producto, y, entre otros, la superficie que cubre.

A grandes rasgos, las boquillas de pulverización se clasifican en tres grupos: boquillas de abanico, de cono o turbulencia y de espejo o de impacto.

El tipo de boquilla que se debe usar dependerá del tratamiento que se desee aplicar.

Por ejemplo, si se desea utilizar un herbicida que abarque todo el suelo, se recomienda la boquilla de abanico, que aplicará un mayor producto en el centro y menor en los extremos, siendo necesaria la superposición de la aplicación como se puede comprobar en la simulación de la figura 8.

El campo de acción de cada una de las boquillas se puede ver en las gráficas de la figura 9.



Figura 5. Mochila de sulfatar



Figura 6. Cuba de sulfatar



Figura 7. Boquillas de aplicación

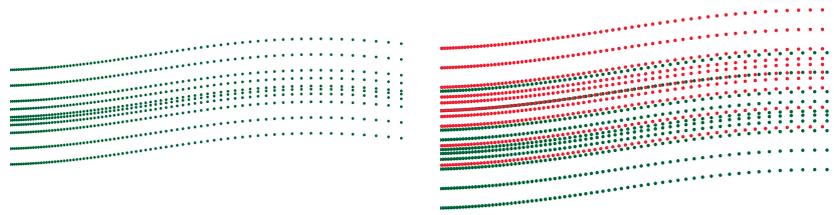


Figura 8. Diagrama de simulación de aplicación

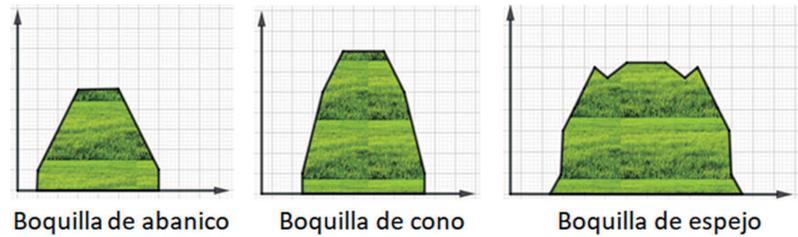


Figura 9. Diagramas de campo de acción de los diferentes tipos de boquillas

## Actividad 5

Se dispone de dos herbicidas, uno sistémico y otro de contacto.

APLICACIONES AUTORIZADAS. MODO DE EMPLEO Y DOSIS		
CULTIVOS	EFEECTO	DOSES
Caminos	Malas hierbas	5-10%
Canales de riego	Malas hierbas	5-10%
Cortavientos	Malas hierbas	3-10 l/ha
Herbáceas extensivas	Malas hierbas anuales	3-6 l/ha
	Malas hierbas vivaces	6-10 l/ha
Herbáceas intensivas	Malas hierbas anuales	3-6 l/ha
	Malas hierbas vivaces	6-10 l/ha
Leñosas	Malas hierbas anuales	3-6 l/ha
	Malas hierbas vivaces	6-10 l/ha
Linderos	Malas hierbas	5-10%
Márgenes de acequias	Malas hierbas	5-10%
Márgenes de cultivos	Malas hierbas	5-10%
Praderas	Malas hierbas	5-10%
Terrenos agrícolas	Malas hierbas	3-6 l/ha
Terrenos forestales	Malas hierbas	3-6 l/ha
Bordes de carreteras	Malas hierbas	3-10 l/ha
Recintos industriales	Malas hierbas	3-10 l/ha
Rodales de servicio	Malas hierbas	3-10 l/ha
Solares	Malas hierbas	3-10 l/ha
Vías férreas	Malas hierbas	3-10 l/ha

Detalle de etiqueta H.S.

CARACTERÍSTICAS					
Es un herbicida selectivo a base de oxifluorfen para aplicación en pre-emergencia o post-emergencia precoz contra malas hierbas anuales dicotiledóneas y muchas gramíneas.					
DOSIS Y DOSIS AUTORIZADAS					
Aplicar en pre-emergencia o post-emergencia temprana de las malas hierbas.					
Cultivo	Objetivo	Dosis	Nº Aplicaciones	Volumen por ha	PS
Cítricos	Malas hierbas	0,6 l/ha	1	200-500 l/ha	NP
Olivos	Malas hierbas	0,6 l/ha	1	200-500 l/ha	21

PS - Plazo de seguridad; NP - No procede

**CRUCIOS** - Realizar una aplicación antes de la floración. Aplicar en árboles de 8 metros o más.

**CONDICIONES GENERALES DE USO**  
 Tratamiento herbicida contra malas hierbas dicotiledóneas anuales y perennes. Para uso profesional, en cultivos al aire libre, aplicar el producto mediante pulverización normal con tractor dirigida al suelo desde el otoño a principios de primavera. El tratamiento en bandas en pre o post-emergencia precoz de las malas hierbas anuales como máximo 1/3 de la superficie. No superar los 150 g de s.a./ha/año.

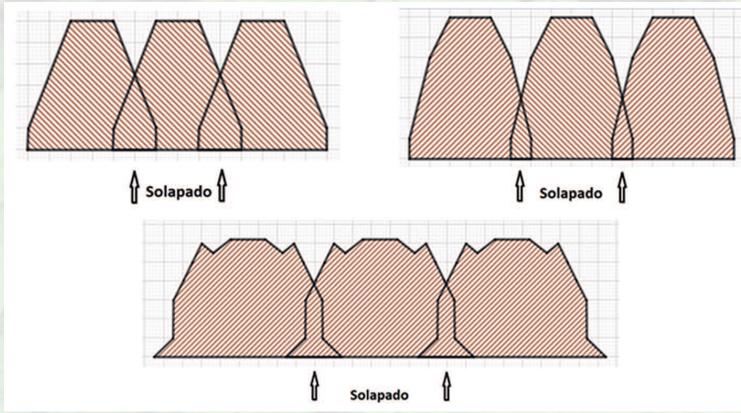
Detalle de etiqueta H.C.

Calcula el volumen necesario para un olivar de 4,65 hectáreas. El terreno es rectangular de dimensiones 186m x 250m. Se va a aplicar con un tractor acompañado de dos fumigadores con dos pistolas que abarcarán un ancho de acción de 3 metros de ancho cada uno, solapando 1 metro entre ambos. El tipo de boquilla que se utilizará será una de abanico, por lo que habrá que tener en cuenta el solapado de la misma.

## Actividad 6

Un agricultor va a realizar un tratamiento en un terreno rectangular. Para ello va a probar con los tres tipos de boquillas convencionales: de abanico, de cono y de espejo.

Teniendo en cuenta los diagramas de solapado que se muestran a continuación, ¿con cuál de las tres boquillas cubrirá más terreno? Si entendemos que con cada una de las boquillas anteriores se va a tener que solapar tal y como muestra la figura, ¿qué boquilla le conviene más al agricultor?



Una vez elegida la maquinaria de aplicación, equipo de aplicación y boquillas, entre otros elementos, habrá que calcular la cantidad necesaria para la aplicación.

Uno de los factores que influyen en la cantidad de producto que se necesita es la velocidad a la que el agricultor trabaja, ya sea con la mochila manual o con las cubas que son arrastradas por un vehículo agrícola.

En ambos casos la realización de una muestra previa sería muy conveniente para optimizar los gastos y el impacto de los productos fitosanitarios que se utilicen.

Para el caso de las mochilas de 14 o 16 litros, una actividad previa sería probar en una superficie ya medida con la mochila y agua en ella. Por ejemplo, tomaremos una cancha de baloncesto y llenaremos la mochila con 10 litros de agua. Aplicamos el agua a la superficie y controlaremos finalmente el agua que hemos consumido. Haciendo una proporción entre el agua que se ha consumido y la superficie que hemos mojado tendremos una buena aproximación de la cantidad de producto que elaboraremos para el tratamiento.

Si la prueba la realiza otra persona, lo más probable es que la cantidad de líquido que se gaste sea diferente ya que cada persona lo hará a una velocidad diferente y necesitando varias y diferentes pasadas para cubrir el espacio.



Figura 10. Agricultor realizando pruebas para cálculo de volumen

Para el caso de una aplicación con una cuba, lo haremos igualmente, realizaremos una prueba inicial, que nos servirá para otras aplicaciones siempre que se mantengan las mismas condiciones de aplicación, como puede ser los aplicadores caso de hacerse con personas o las barras de aplicación si se hace de forma mecánica, así como la velocidad del tractor. Si la velocidad del tractor se aumenta, la cantidad de líquido que necesitaremos sería menor, es una relación de proporcionalidad inversa en este caso.

## Actividad 7

En el patio del colegio, toma medidas a la cancha de baloncesto, o a cualquier otro terreno del centro escolar. Se elegirán 5 alumnos o alumnas de una clase, y, por turnos, cada uno realiza una prueba con una mochila de sulfatar.

Una vez realizada la prueba, calcula la cantidad necesaria que se debe elaborar de producto para tratar un terreno de 2 hectáreas con cada uno de los alumnos aplicadores que han participado en el experimento.

Si el producto elegido es el herbicida de contacto de la Actividad 2, ¿qué cantidad de producto necesitarán cada uno de ellos?

## Actividad 8

En una finca familiar dos hermanos van a aplicar un herbicida a un terreno de 1,75 hectáreas y para ello van a hacer una prueba previa para ver qué cantidad de producto necesitan. Van a probar con la mochila en una parte del terreno, van a probar en un trozo de 10 m de ancho y 14 metros de largo.

El hermano mayor Luís, ha gastado 2,5 litros y el pequeño Andrés ha gastado 2,9 litros. ¿Qué cantidad deberán preparar cada uno de ellos para poder realizar la aplicación del herbicida a la finca?

## Actividad 9

En un terreno un agricultor está realizando una aplicación de herbicida con su tractor, y ha preparado 1200 litros que cubrirá el terreno. La velocidad del tractor es de 12 km/h, porque así lo ha calculado en las pruebas previas. Tras una primera aplicación, se ha dado cuenta que debe disminuir la velocidad del tractor a 8 km/h para realizar una segunda aplicación más eficaz. ¿Qué cantidad de producto tendrá que preparar el agricultor para cubrir el terreno?

## Control de plagas

### ¿Qué son y cómo combatirlas?

Se entiende por plaga a la irrupción masiva de seres vivos en una plantación que afecta directamente a esta, causando grandes daños y disminuyendo la producción o incluso matando las plantas del cultivo.

Dependiendo del tipo de ser vivo que afecte a la plantación, las plagas se combatirán de diferentes maneras. Uno de los métodos de combate de las plagas es el uso de plaguicidas, que son productos fitosanitarios específicos para combatir la invasión de estos seres vivos.

Según el tipo de seres vivos que invadan a las plantas se pueden clasificar entre otros, en dos grandes grupos: insecticidas y fungicidas. Los primeros actuarán sobre todo tipo de insectos que puedan afectar y el segundo gran grupo actuará sobre los hongos que puedan invadir las plantaciones.

La variedad de productos en el campo de control de plagas es muy amplia, son muchos los tipos de insectos, ácaros, moluscos, hongos..., y otras especies animales que pueden afectar e invadir los cultivos. Veamos algunos ejemplos de enfermedades del olivo y de los naranjos.

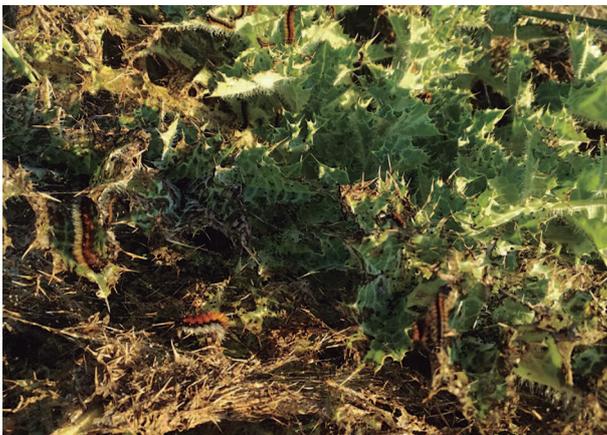


Figura 11. Plaga de gusanos



Figura 12. Pulverizador manual para pequeñas cantidades

El tratamiento del control de la plaga se hará siguiendo la etiqueta del producto que se use, tal y como se ha recomendado con anterioridad.

Si hablamos del olivo, algunas de las enfermedades más comunes son: repilo del olivo, euzophera pinguis, barrenillo del olivo y la verticilosis del olivo (*verticilium*) entre otras.

Existen multitud de plantaciones que necesitan su tratamiento específico, entre otras cosas porque no les afectan los mismos seres vivos. El campo es muy amplio y como se ha dicho con anterioridad, cada plaga de cada cultivo se tratará según las recomendaciones del fabricante del plaguicida si se decidiera actuar con él.

Para el tratamiento de plagas se utilizan los mismos utensilios descritos con anterioridad: mochilas y cubas. Se deberá elegir el plaguicida que corresponda según la plaga que se desee tratar y seguir las recomendaciones del fabricante en cuanto a precauciones y dosificación que se especificará en el etiquetado del producto fitosanitario que se vaya a utilizar.

A veces, para usos domésticos, en el tratamiento de pocos árboles en un patio de una vivienda o de una comunidad de vecinos, la mochila de 14 litros de capacidad es excesiva, ya que no se precisarán más de 3 o 4 litros de mezcla o caldo. En estos casos se utilizan unas pequeñas botellas pulverizadoras, y para realizar la mezcla, no se necesita gran cantidad de producto, insecticida o fungicida, por lo que se utiliza una jeringuilla calibrada.

## Detección de plagas. Tipos de muestreo

La detección de una plaga en nuestra plantación se hará tomando una muestra de algunos de los cultivos de la plantación. Para tomar la muestra se pueden seguir diferentes tipos de muestreo, siendo los más frecuentes el muestreo visual, el muestreo tomado con un aspirador portátil, el muestreo tomado con una trampa, ya sea de suelo o de árbol, y algunas otras formas de toma de muestras.

En cualquier muestreo es muy importante seguir unas normas básicas, como es que la muestra debe ser representativa de la población que se desea analizar.

Por ejemplo, si queremos analizar si una plantación de cítricos de unas 2000 plantas está afectada por una plaga, no bastará con elegir una planta y realizar el estudio sobre ella. Por otro lado, si se decide estudiar 10 plantas de la misma que sirva para poder decidir si la plaga está afectando a la plantación, no sería conveniente tomar las diez plantas de la misma zona, ya que puede ser que esa zona está menos afectada que otras, o, al contrario, que se tomen de una zona más afectada y las conclusiones que se obtengan sean demasiado alarmantes.

Para la realización de un muestreo se pueden seguir varios modelos, siendo válido cualquiera que haga que la muestra sea significativa y represente a toda la plantación (figura 13).

Por lo general, los terrenos no suelen estar distribuidos de forma regular, en el sentido de que no suelen formar rectángulos o cuadrados, ni tan siquiera en forma poligonal. La elección de un diseño de elección de la muestra puede no llegar a ser lineal como muestran la figura 14 (aunque aparentemente no se ha seguido un diseño, la segunda figura muestra lo que el agricultor pensó a la hora de elegir la muestra)

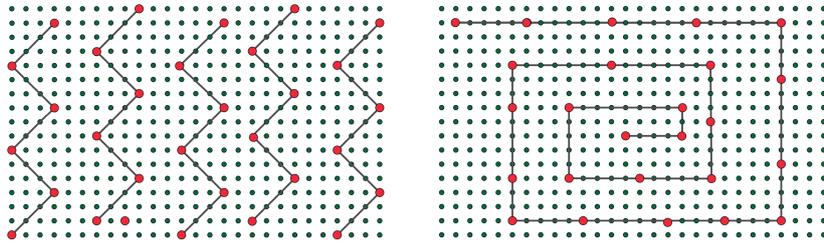


Figura 13. Muestras en zigzag y en espiral

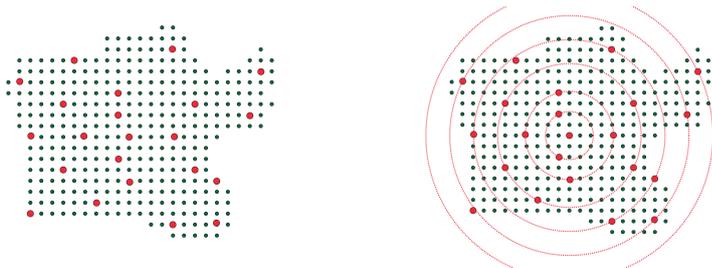


Figura 14. Muestra en circunferencia para un terreno irregular

## Actividad 10

En un campo de 300 olivos se desea realizar una muestra para detectar una posible plaga. Para ello se van a seleccionar 25 olivos. Realiza tres diseños para la obtención de una muestra representativa en cada uno de los casos. En la figura 15 una plantilla para que la uses en el diseño de cada una de tus muestras.

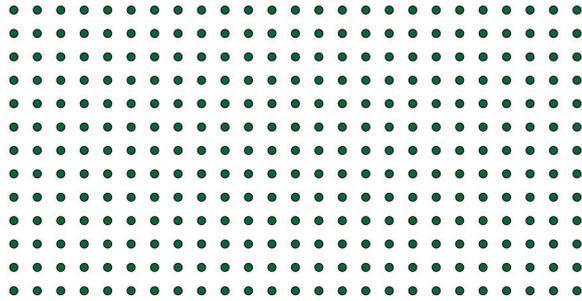


Figura 15. Plantilla para ejercicio de muestreo

## Controles sostenibles

Se entiende como un control sostenible aquella acción que no actúa en contra del medio ambiente, o al menos que minimiza los efectos sobre la biosfera de nuestro planeta.

En este sentido son varios los caminos que pueden llevarnos a la sostenibilidad del planeta con usos biológicos. La ciencia es dinámica, en continuo movimiento y en constante investigación, por lo que este campo es un campo siempre abierto a nuevos descubrimientos, especialmente en esta década que se ha propuesto como objetivo la lucha contra el cambio climático.

## Controles biológicos

Cuando hablamos de controles biológicos, hablamos de controles que no usan productos químicos como son los productos fitosanitarios. En este campo vamos a destacar dos tipos de control que se están usando con mayor regularidad como son el uso de feromonas y el uso de otros seres vivos.

Las feromonas son productos orgánicos que emiten los insectos, y que provocan en otros individuos de su misma especie respuestas que les llevan a un comportamiento determinado. A pesar de que hay diferentes tipos de feromonas, son las sexuales, producidas por las hembras de la especie, las que se usan para atraer a los machos, a veces desde grandes distancias. Las trampas que se utilizan son para una captura masiva de insectos, atraídos por las feromonas.

A pesar de que el radio de acción de las feromonas puede llegar a ser muy amplio, en las plantaciones se suele colocar varias trampas que provocarán una confusión sexual mediante una nube de feromonas que harán que sea muy difícil que macho y hembra se encuentren, evitando así el apareamiento. Por otro lado, las trampas de captura masiva se encargarán de reducir la plaga que se esté tratando.



Figura 16. Trampa de feromonas

## Actividad 11

En un campo de 750 olivos plantados a 8 metros de distancia unos de otros, se va a controlar una plaga de *euzophera pinguis*, y para ello se van a utilizar dos tipos de feromonas. Las trampas de feromonas de tipo A tienen un radio de acción de 40 m, y las de tipo B abarcan 32 m de radio de acción. Además, cada trampa de tipo A se comercializa a 17,90 euros mientras que las de tipo B se venden a 15,50 euros. Por motivos comerciales se deberán adquirir al menos el doble de feromonas de tipo B que de tipo A.

- Define una función de dos variables que dé el valor de la compra de los dos tipos de feromonas en función del número de trampas de cada tipo que deseemos comprar.
- ¿Cuántas trampas podrías colocar si disponemos de 200 euros de presupuesto? Encuentra todas las soluciones posibles teniendo en cuenta los motivos comerciales expuestos anteriormente, es decir, que las trampas de tipo B deben ser al menos el doble de las de tipo A.
- En las condiciones del problema, y calculando previamente los olivos que cubriría cada planta, ¿será posible adquirir las trampas necesarias para que puedan cubrir los 750 olivos?
- Abrir el archivo de GeoGebra, que se encuentra en el siguiente enlace: <https://www.geogebra.org/m/jbjncxbz>.

El trabajo se va a hacer sobre un campo rectangular de  $30 \times 25$  olivos. Coloca las trampas necesarias para cubrir la mayor parte de olivos y así confundir y atraer a los machos del insecto.

El control biológico mediante seres vivos es un método natural de manera que los seres vivos que se introduzcan en la plantación sean capaces de reducir la población de la plaga que afecta a la plantación o incluso llegar a erradicarla. Por lo general se usan seres vivos que son depredadores naturales de los individuos causantes de la plaga.

Los beneficios del uso de los controles biológicos son varios. Entre ellos destacamos que el riesgo a la resistencia a ellos es muy bajo, ya que los seres vivos no pueden desarrollarlos contra sus enemigos naturales; además, este tipo de método es muy específico y reduce el uso de productos químicos que pueden perjudicar al medio ambiente y, finalmente, su uso promueve un tipo de agricultura sostenible con un impacto mínimo en el aire, el agua y el suelo.

## Investigaciones Científicas

Son muchísimas las investigaciones que se están llevando a cabo en el campo de la sanidad vegetal. La ciencia está en continuo movimiento y las investigaciones que se llevan a cabo tienen el objetivo de mejorar la calidad de vida, no solo del ser humano o del mundo animal, sino también del mundo vegetal.

En uno de los informes de la OEI (Organización de Estados Iberoamericanos) se ha publicado que unos investigadores argentinos han ideado una técnica para reducir los residuos del glifosato de los herbicidas cuando se limpian los envases, que es uno de los consejos que los fabricantes insisten en que se realice. Se aconseja un triple lavado del envase, pero se sabe que esta práctica no se realiza. Han descubierto que, usando agua oxigenada, o peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) puede destruir las sustancias contaminantes.

En el número de diciembre de 2019 de la revista *National Geographic* en castellano, se publicó una pequeña reseña (figura 17) sobre la recientemente galardonada con el *Premio Princesa de Asturias de Investigación Científica y Técnica*, Joanne Chory.



Figura 17

Fuente: *National Geographic*, diciembre 2019

En dicho reportaje se considera que, si las plantas lograsen mayor número de raíces y ricas en suberina, se podría reducir entre un 20 y un 46 % del excedente de emisiones de dióxido de carbono producidas cada año por la actividad humana. La suberina es una sustancia que actúa a modo de barrera entre la raíz de la planta y el suelo. Una de las cuestiones que se destacan es que el procedimiento, que es sencillo, podría estar a pleno rendimiento en unos 10 años con un coste mínimo.

## Conclusión

Hay mucho camino por recorrer y las investigaciones científicas no cesan. Las escuelas de ingeniería agraria, los laboratorios biológicos, los estudios genéticos... todo se encamina a un control sostenible del planeta. El papel de las matemáticas en la lucha contra el cambio climático es indiscutible, es el lenguaje en el que se desarrollan todas las investigaciones que se han hecho y las muchísimas que quedan por hacer. Miles de puertas cerradas que con la llave maestra de las matemáticas harán posible su apertura para un mundo mejor.

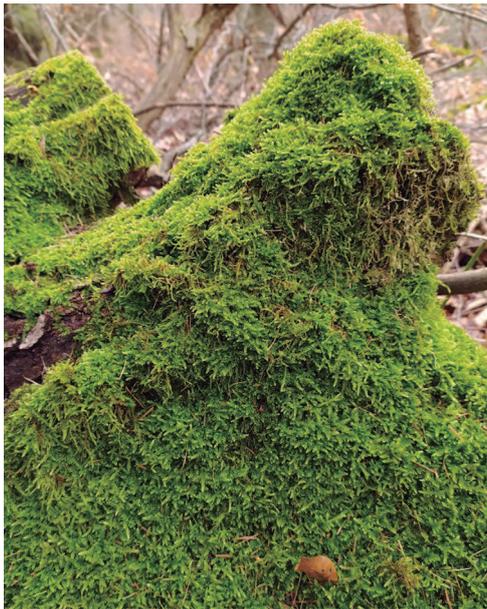


Figura 18. Musgo en tronco de árbol

Actividades recomendadas según el nivel del estudiante

*Primaria:* 1, 2 y 10

*Primer ciclo de secundaria:* 1, 2, 3, 4, 7, 8 y 9

*Segundo ciclo de secundaria:* 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9 y 11

*Bachillerato:* 6 y 11

## Referencias

<https://aefa-agronutrientes.org/las-feromonas-trampas-y-ocb-en-espana>

<https://agroferomonas.com/feromonas-agricolas>

<https://controlbio.es/es/coleopteros-picudos-barrenillos-y-gorgojos/428-scolytus-multistriatus-barrenillo-del-olmo>

<https://excelentesprecios.com/verticilosis-olivo-verticillium>

<http://sistemaagricola.com.mx/blog/control-biologico-de-plagas-metodos-beneficios>

<https://studylib.es/doc/2982417/glifosato-48-%25-sl>

<https://www.agenciasinc.es/Noticias/Desarrollan-un-metodo-biologico-para-combatir-la-verticilosis-del-olivo>

<https://www.casafe.org/tipos-de-boquillas-de-pulverizacion>

<https://www.fao.org/3/ca0324es/CA0324ES.pdf>

<https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/el-uso-de-feromonas-para-el-control-de-plagas-en-cultivos-extensivos>

<https://www.oei.es/historico/oeivirt/desarrsoste.htm>

[https://www.phytoma.com/images/239\\_olivo\\_le%C3%B1a.pdf](https://www.phytoma.com/images/239_olivo_le%C3%B1a.pdf)

[https://www.unavarra.es/herbario/docs/herbidas\\_autorizados\\_2013.pdf](https://www.unavarra.es/herbario/docs/herbidas_autorizados_2013.pdf)

<https://www.xataka.com/ecologia-y-naturaleza/glifosato-verdades-y-mentiras-del-herbicida-mas-vendido-del-mundo>

*National Geographic* [edición España], diciembre de 2019.

*Revista digital de sanidad vegetal:*

[https://www.phytoma.com/?gclid=CjwKCAiA0svwBRBhEiwAHqKjFvt30g75ZWL9qtBPBB0EP4h-LPYd53U4coW9pybhcfXgJbGtyUwCxhoCMakQAvD\\_BwE](https://www.phytoma.com/?gclid=CjwKCAiA0svwBRBhEiwAHqKjFvt30g75ZWL9qtBPBB0EP4h-LPYd53U4coW9pybhcfXgJbGtyUwCxhoCMakQAvD_BwE)



Federación  
Española de  
Sociedades de  
Profesores de  
Matemáticas