

## Bachillerato Internacional

### Estudio sobre el efecto de agua ahumada sobre la germinación y el crecimiento de *Eucalyptus pilularis*

#### Contexto

Australia es un país en el que son frecuentes los incendios forestales durante el verano y estos incendios afectan mucho a la flora de Australia.

Como consecuencia de esto, numerosas plantas nativas australianas que habitan los ecosistemas dependientes del fuego han desarrollado estrategias reproductivas para adaptarse a los factores asociados al fuego.

Estas adaptaciones que afectan a su germinación se pueden clasificar como físicas (derivadas del inmenso calor del incendio forestal que estimula la germinación de una semilla) o químicas (derivadas de una combinación de distintos elementos químicos producidos por el humo que estimula la germinación).

#### Objetivo

El objetivo de este experimento de laboratorio de Biología es investigar los efectos del agua ahumada, una mezcla de agua, plantas quemadas y heno, y su efecto sobre la germinación y el crecimiento postgerminativo de semillas de *Eucalyptus pilularis*, eucalipto conocido también por sus nombres nativos “gumnut” o “blackbutt”, una planta nativa australiana que predomina en bosques que sufren frecuentes incendios.

#### Pregunta de investigación

¿Estimula el agua ahumada la germinación y el crecimiento postgerminativo de semillas de *Eucalyptus pilularis* en comparación con el agua desionizada?

#### Predicción

El agua ahumada hará germinar con éxito más *Eucalyptus pilularis* que el agua desionizada, por lo que, como resultado de ello, el crecimiento postgerminativo de las semillas de *Eucalyptus pilularis* por el agua ahumada será más efectivo. En este experimento se define la efectividad como la altura de la plántula que emerge de la semilla de eucalipto germinada. Si las distintas sustancias químicas, como los compuestos de fósforo y nitrógeno encontrados en los restos humeantes de la materia orgánica actúan como desencadenantes químicos, entonces *Eucalyptus pilularis* comenzará su germinación saliendo de su estado de dormancia. Estos compuestos de fósforo y nitrógeno, tales como  $\text{NaN}_3$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  y  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , naturalmente presentes en la materia orgánica, no se encuentran en el agua desionizada (Dixon et al. 1995), por lo que se predice que el agua ahumada hará germinar un mayor número de semillas y crecer más tras la germinación que el agua desionizada<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> <http://anpsa.org.au/APOL2/jun96-6.html>

## Método

### Experimento preliminar

Las semillas de eucalipto se obtuvieron de árboles que crecían en plantaciones forestales locales. Se consideró necesario determinar si las semillas de eucalipto germinarían o no.

1. Se plantaron 50 semillas en 5 placas Petri con sustrato para macetas (10 semillas por placa).
2. Cada placa fue regada con 10 ml de agua desionizada y dejada durante dos semanas a temperatura ambiente.
3. Al final de las dos semanas se realizó el recuento de las semillas germinadas.

### Resultados

Número de semillas germinadas = 22/50

Porcentaje de germinación = 44%

Se consideró un abastecimiento suficiente de semillas como para poder llevar a cabo el experimento.

### Equipo

- 10 placas Petri
- 100 g de sustrato para macetas de "calidad Yates premium"
- 5,00 g de heno
- 5,00 g de hojas de eucalipto
- 5,00 g de hierba
- Balanza electrónica ( $\pm 0,01$  g)
- 100 semillas de *E. pilularis* de un diámetro de 2,00 mm ( $\pm 0,5$  mm)
- Regla de 10,0 cm ( $\pm 0,5$  mm)
- 100 ml de agua desionizada para producir el agua ahumada
- 100 ml de agua desionizada para producir el control
- Colador de té
- 3 vasos de precipitados graduados de 250 ml ( $\pm 0,4$  mL)
- Cerillas (fósforos)
- 2 baños de arena
- 2 termómetros ( $\pm 0,05$  °C)

### Para elaborar el agua ahumada

1. Poner 5 g de cada componente (heno, hierba y hojas de eucalipto) en un vaso de precipitados de 250 ml.
2. Prender fuego a la materia orgánica con un fósforo para hacerla arder. Dejar quemar hasta que todo esté carbonizado.
3. Medir 100 ml de agua desionizada con el segundo vaso de precipitados de 250 ml. Verter este agua en el primer vaso de precipitados con las hojas, el heno y las ramillas, y dejar a remojo en infusión durante 5 horas.
4. Colar la mezcla de agua ahumada en el tercer vaso de precipitados de medición usando el colador de té, asegurándose de dejar solo los restos del líquido.

SEGURIDAD: Debe ponerse cuidado al quemar la materia orgánica; esto debe realizarse en una zona ventilada y los vasos de precipitados deben ser de vidrio termorresistente.

### Germinación y crecimiento

1. Ajustar los baños de arena a una temperatura de 30 grados Celsius y poner un termómetro en cada uno para verificar el ajuste de temperatura.
2. Poner 5 placas Petri en un baño de arena y las 5 placas Petri restantes en otro. Uno será nuestro control y el otro será nuestra prueba.
3. Pesar 10 x 10,0 g del sustrato para macetas con ayuda de la balanza electrónica y poner 10,0 g en cada una de las 10 placas Petri. 5 placas para el tratamiento con agua ahumada y 5 placas para el tratamiento con agua desionizada.
4. Sembrar 10 semillas de eucalipto en cada placa Petri y enterrarlas en el sustrato para macetas a una profundidad constante de 0,5 cm. Poner las semillas hacia los bordes de la placa Petri de forma que puedan observarse a través del vidrio sin tener que alterar las semillas para poder observarlas.
5. Regar el baño de arena de control a las 8.15 a.m. con 10 ml de agua desionizada o agua ahumada cada día, durante catorce días.
6. Al cabo de 14 días, contar el número de semillas germinadas (distinguibles por la emergencia de la plántula) y medir la altura de las plántulas emergentes en los grupos de prueba y de control con ayuda de la regla de 10,0 cm. La altura de la plántula se mide desde la superficie del suelo hasta la parte más alta del tallo.
7. Repetir el procedimiento una vez para lograr datos suficientes.

### Variables controladas

- El mismo volumen (10 ml) de líquido se añade a cada placa a la misma hora (8.15 a.m.) cada día, a lo largo de 14 días.
- La totalidad de las 100 semillas de *E. pilularis* que se usaron en este experimento estaba dentro de un rango de tamaño de 2,00 mm de diámetro.
- El agua usada para producir el agua ahumada era agua desionizada como la de control, para así permitir una mayor coherencia entre los grupos de control y de prueba.
- La temperatura de las semillas se mantuvo constante a 30 °C en los baños de arena.
- El sustrato para macetas para las semillas era de la misma marca, sustrato para macetas "Yates premium" y la masa de sustrato para macetas usada para las semillas se mantuvo constante en 10,0 g.
- Se supuso que cada planta recibió la misma cantidad de luz, ya que el experimento se realizó en la misma ubicación y en los mismos días.
- Las semillas se pusieron a una profundidad de 0,5 cm en el suelo, en la placa Petri.

El experimento continuó durante catorce días para dejar un tiempo suficiente como para evaluar el efecto de los distintos tipos de agua, la variable manipulada. Los dos baños de arena ajustados a la misma temperatura se sitúan próximos entre sí, tal como especificaba el método, por lo que se supone que reciben idénticas cantidades de luz. El sustrato para macetas se tomó del mismo lote, por lo que cabía suponer que todas las muestras contenían la misma proporción de componentes. Además, la *E. pilularis* fue enterrada en el sustrato para macetas a una profundidad constante de 0,5 cm y hacia los bordes de la placa Petri para permitir hacer las observaciones a través del vidrio, sin tener que alterar las semillas para observarlas.

Nuestro método de obtención de datos para este experimento es el de contar las semillas germinadas con éxito de distintas placas Petri en los grupos de control y de prueba,

respectivamente, la variable medida. Ello se hace observando a través de la placa Petri si la envoltura de la semilla se ha rasgado y la plántula ha emergido. La otra forma de obtener datos en este experimento es medir la altura de las plántulas (desde la superficie del suelo hasta la punta de la plántula) de las semillas germinadas al cabo de los 14 días del experimento. La diferencia entre el agua ahumada y el agua desionizada se determinó usando el test  $\chi^2$  para la germinación y el test t para el crecimiento de las plántulas.

### Suposiciones

- La luz es de igual intensidad, ya que las semillas se dispondrán unas junto a otras.
- El agua desionizada contiene las mismas impurezas.
- El sustrato para macetas contiene la misma cantidad de sus componentes constituyentes.
- Las impurezas y los elementos químicos en el aire serán los mismos para ambos conjuntos de semillas.
- Todas las semillas de eucalipto están compuestas por el mismo porcentaje de elementos.

### Observaciones

- Las semillas de *E. pilularis* no eran mayores de 2 mm, y eran de un color pardo-negrusco. No había signos de una germinación previa, ni agrietamiento en la cubierta exterior de la semilla.
- El agua ahumada era claramente distinta del agua desionizada. El agua desionizada era clara, tal como cabría esperar si se hubiera filtrado. El agua ahumada, por el contrario, tenía un tono de color pajizo negruzco, debido a su absorción de restos de materia orgánica carbonizada.
- Se apreció una germinación clara en muchas más semillas con el agua ahumada que con el agua desionizada.
- En promedio, las semillas de *E. pilularis* sometidas a agua ahumada germinaron antes que las semillas sometidas a agua desionizada. Las semillas con agua ahumada empezaron a mostrar los primeros signos de germinación ya en 7 días, cuando sus envolturas seminales comenzaron a rasgarse para dejar emerger las plántulas. En comparación, las semillas regadas con agua desionizada necesitaron 10 días para empezar a dar signos de germinación.
- Las semillas de *E. pilularis* germinadas con agua ahumada tendieron a presentar plántulas mayores emergentes de la envoltura de la semilla rasgada.
- Las semillas de *E. pilularis* regadas con el agua ahumada tuvieron agrietamientos significativamente más grandes de la envoltura de la semilla, dejando más espacio a las plántulas para crecer y extenderse hacia fuera de la cáscara.
- El color de las plántulas en ambos experimentos fue de un marcado color púrpura oscuro y las hojas aparecieron solo en el experimento con el agua ahumada, con un máximo de 2 pequeños cotiledones que no medían más de aproximadamente 50,0 mm.

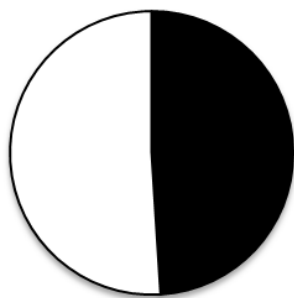
### Número de semillas germinadas con éxito

Para determinar el número de semillas que germinaron con éxito, se contó el número de semillas que mostraron un marcado agrietamiento de la envoltura de la semilla y la emergencia de la plántula, tanto para el grupo de prueba del agua ahumada como para el grupo con agua desionizada, y éste se dispuso en la siguiente tabla. Los datos brutos se presentan en el apéndice A.

Tipo de agua	Ensayo	Número germinado (/50)	Media	%
Desionizada	1	26	25	49
	2	23		
Ahumada	1	43	44	88
	2	45		

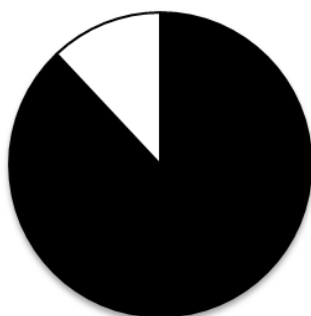
A partir de los datos procesados que nos informan sobre el número de semillas germinadas con éxito, podemos ver claramente que el agua ahumada hace germinar, por término medio.

#### Gráfico de germinación de semillas con agua desionizada



- Porcentaje de semillas de eucalipto germinadas con agua desionizada
- Porcentaje de semillas de eucalipto NO germinadas con agua desionizada

#### Gráfico de germinación de semillas con agua ahumada



- Porcentaje de semillas de eucalipto germinadas con agua ahumada
- Porcentaje de semillas de eucalipto NO germinadas con agua ahumada

**Test  $\chi^2$** 

Para ver si hay una diferencia significativa entre la germinación de las semillas tratadas con agua ahumada y con agua desionizada, se realizó un test  $\chi^2$ .

**Hipótesis nula:** El agua ahumada no afecta a la germinación de las semillas de eucalipto

**Hipótesis alternativa:** El agua ahumada afecta a la germinación de semillas de eucalipto

	<b>Agua ahumada</b>	<b>Agua desionizada</b>	<b>Total de filas</b>
<b>Germinadas</b>	88	49	137
<b>Sin germinar</b>	12	51	63
<b>Total de columnas</b>	100	100	200

Proporción de semillas germinantes =  $137/200 = 68,5\%$

Proporción de semillas no germinantes =  $100 - 68,5 = 31,5\%$

Número esperado de semillas tratadas con agua ahumada que germinan =  $68,5\%$  de  $100 = 68,5$

Número esperado de semillas tratadas con agua desionizada que germinan =  $68,5\%$  de  $100 = 68,5$

Número esperado de semillas tratadas con agua ahumada que no germinan =  $31,5\%$  de  $100 = 31,5$

Número esperado de semillas tratadas con agua desionizada que no germinan =  $31,5\%$  de  $100 = 31,5$

<b>Frecuencia observada</b>	<b>Frecuencia esperada</b>	<b>Diferencia</b>	<b>Diferencia positiva</b>	
O	E	O-E	IO-EI	$(IO-EI)^2/E$
<b>88</b>	<b>68,5</b>	<b>19,5</b>	19,5	<b>5,55</b>
<b>49</b>	<b>68,5</b>	<b>-19,5</b>	19,5	<b>5,55</b>
<b>12</b>	<b>31,5</b>	<b>-19,5</b>	19,5	<b>12,07</b>
<b>51</b>	<b>31,5</b>	<b>19,5</b>	19,5	<b>12,07</b>
			<b><math>X^2_{calc}</math></b>	<b>35,25</b>

**Número de grados de libertad = (filas - 1) x (columnas - 1) = (2-1) x (2-1) = 1**

**$X^2_{crit} = 3,84$  para  $p=0,05$**

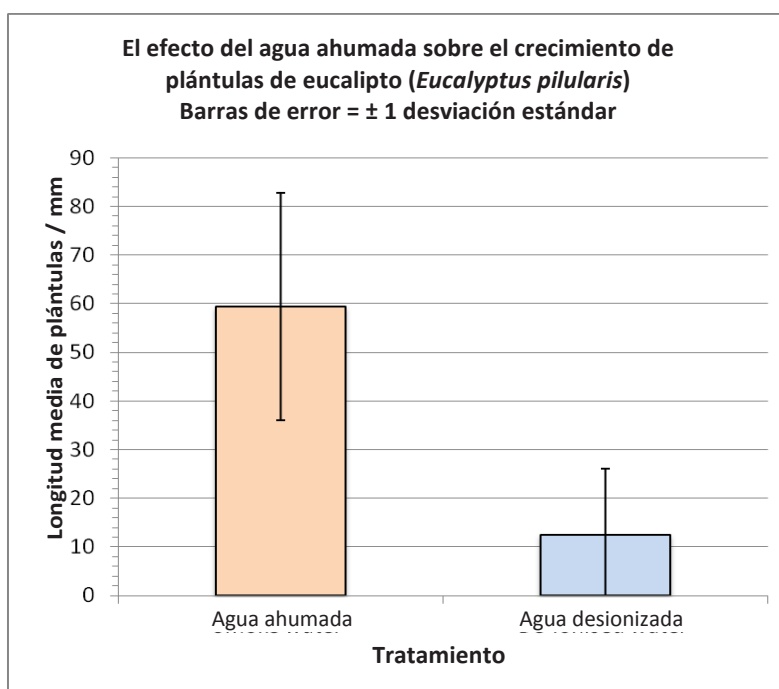
Como el valor del test para  $X^2_{calc} = 35,25$  es mucho mayor que el valor crítico  $X^2_{crit} = 3,84$ , debemos rechazar la Hipótesis nula y aceptar la Hipótesis alternativa. El valor del test es significativo para  $p < 0,001$

## Efecto del agua ahumada y del agua desionizada sobre el crecimiento postgerminativo

Esta sección del experimento se ha diseñado para evaluar la eficacia de la germinación de las semillas de eucalipto, dependiendo del tipo de agua que recibieran, ya fuera agua desionizada o ahumada. La efectividad se determinó en base a la altura de las plántulas emergentes de las envolturas de las semillas de eucalipto germinadas. A mayor altura de la plántula, más efectiva será el agua sobre su germinación. Los datos brutos se presentan en el apéndice A.

Altura de las plántulas de semillas germinadas					
Tipo de agua	Ensayo	Altura media de plántulas del ensayo / mm $\pm 0,5$ mm	Desviación estándar del ensayo	Altura media total /mm $\pm 0,5$ mm	Desviación estándar total
Desionizada	1	13,0	13,4	23,4	13,6
	2	11,8	13,9		
Ahumada	1	57,8	24,5	59,5	12,4
	2	61,1	22,3		

A primera vista de los datos procesados puede verse que el agua ahumada presenta claramente una altura de plántulas media más alta que el agua desionizada, en tanto que la desviación estándar es menor. Ello indica que las plántulas de semillas con agua ahumada crecieron más que las semillas con agua desionizada. Las barras de error en el siguiente gráfico sugieren que puede haber una diferencia significativa entre los efectos del tratamiento sobre el crecimiento de las plántulas. Sin embargo, el rango de variación en los resultados en base a las desviaciones estándar es grande, especialmente para los ensayos del tratamiento con agua desionizada. Para verificarlo, se realizó un test t sobre los datos.



**test t**

Para evaluar estadísticamente si los brotes de las plántulas de eucalipto germinadas con agua ahumada crecieron más que las germinadas con agua desionizada, se realizó un test t de dos colas para muestras independientes para investigar si hay una diferencia significativa entre el crecimiento de las plántulas.

- **Hipótesis nula:** el agua ahumada no tiene efecto sobre el crecimiento postgerminativo de las plántulas de eucalipto.
- **Hipótesis alternativa:** el agua ahumada tiene un efecto sobre el crecimiento de las plántulas de eucalipto.

fórmula de test t:

grados de libertad =  $n_1 + n_2 - 1 = 198$

$t_{\text{calc}} = 17,4$

$t_{\text{crit}} (p=0,05) = 1,97$

$$t = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

Como nuestro valor del test t  $t_{\text{calc}} = 17,4$  es mayor que el valor crítico  $t_{\text{crit}} = 1,97$  en  $p = 0,05$ , podemos aceptar la hipótesis alternativa de que el agua ahumada estimula significativamente el crecimiento de las plántulas de eucalipto germinadas. El valor del test es significativo para  $p < 0,001$ .

**Evaluación de puntos débiles con sugerencia de mejoras**

El sustrato para macetas utilizado se obtuvo de una tienda de jardinería local y, aunque se empleó la misma marca y la misma cantidad de sustrato para macetas para ambas semillas en el experimento, puede que el sustrato para macetas contuviera impurezas que hubieran podido aumentar o reducir potencialmente la capacidad de germinación de las semillas, especialmente dado que la marca Yates "contiene elementos traza para añadir nutrientes vitales extra"<sup>2</sup>. Algunas de las sustancias químicas del agua ahumada también podrían haber reaccionado potencialmente con algunos de los ingredientes del sustrato para macetas y haberles hecho ineficaces; a pesar de ello, las semillas regadas con agua desionizada puede que no hayan tenido este problema potencial.

Para mejorarlo, podría haber usado un sustrato diferente para las semillas, como algodón hidrófilo o papel de filtro.

El uso de distintos tipos de hojas, ramillas y heno para crear el agua ahumada proporcionaría distintas sustancias químicas, ya que cada materia tiene distinta composición de sustancias químicas, algunas de las cuales podrían ser beneficiosas para la germinación, en tanto que otras no. Para este experimento podría haber usado solo una variable como heno, en lugar de también ramillas y hojas. Esto también delimitaría el alcance de mis resultados y yo sería potencialmente capaz de precisar la sustancia química específica, o la fuente de ésta, que permite germinar con éxito a los eucaliptos. Se podría determinar, por ejemplo, que las ramillas no mejoran la germinación de las semillas pero las hojas sí. Al aislar el elemento que aumenta la germinación en mayor grado, se podrían llevar a cabo más experimentos y se podría determinar la sustancia química concreta que aumenta la germinación de las semillas en mayor grado.

<sup>2</sup><http://www.yates.com.au/products/pots-and-potting-mix/all-purpose-potting-mix/yates-premium-potting-mix/>



Combinado con esto, yo podría haber usado semillas de eucalipto que tuvieran todas el mismo peso, en lugar del mismo diámetro. Intenté usar semillas de eucalipto que solo tuvieran 2,00 mm de diámetro, pero hubiera resultado mejor usar semillas que tuvieran un peso constante de, por ejemplo, 2,0 g, ya que entonces yo habría podido suponer que cada semilla contenía en su interior las mismas cantidades y composición de nutrientes, enzimas y otras sustancias químicas.

Para delimitar aún más el alcance del experimento, también podría haber evaluado los efectos de distintas concentraciones del agua ahumada. En lugar de usar únicamente una proporción 1:10, con 1 parte de ramillas, heno y hojas por 10 partes de agua desionizada, podría haber evaluado una proporción de 1:5, con 1 parte de ramillas, heno y hojas y 5 partes de agua desionizada. Calcular la concentración óptima de agua ahumada ayudaría en este experimento, ya que se podrían obtener resultados mejores y más claros.

### Conclusión

En conclusión, el experimento apoyó mi hipótesis de que el agua ahumada hará germinar con éxito a más *Eucalyptus pilularis* que el agua desionizada. Además, el crecimiento posterior de las semillas de *Eucalyptus pilularis* con agua ahumada resultó ser más efectivo que con agua desionizada, dado que las plántulas de *Eucalyptus pilularis* fueron significativamente más altas que las expuestas al agua ahumada. Ello podría ser porque las distintas sustancias químicas, como los compuestos de fósforo y nitrógeno encontrados en los restos humeantes de materia orgánica carbonizada (en mi caso, las hojas, heno y ramillas quemadas) actuaron como desencadenantes químicos para que *E. pilularis* comenzara su germinación saliendo de su estado de dormancia y estimulara su crecimiento posterior. Aunque todos los compuestos activos en el humo no han sido identificados aún, una gran mayoría de los compuestos presentes en la mezcla de agua ahumada ( $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  y  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) son solubles en agua, por lo que son fácilmente absorbibles por la semilla de eucalipto y, una vez dentro de la semillas, se emplean como lo que se denominan "desencadenantes químicos" para iniciar la germinación. Estos desencadenantes químicos actúan modificando los niveles de sustancias químicas que la semilla mantiene en homeostasis; una vez que la semilla ha registrado estos niveles diferentes de compuestos de fósforo y nitrógeno, estimula la germinación de la semilla. Sin embargo, hay compuestos denominados *butanólidos* que se ha demostrado que tienen una acción promotora de la germinación. Estos *butanólidos* son producidos por algunas plantas cuando se ven expuestas a altas temperaturas y humo causado por incendios de matorrales. En particular, los botánicos Flematti, Ghisalberti, Dixon y Trengove aislaron un *butanólido* concreto denominado 3-metil-2H-furo[2,3-c]piran-2-ona, que se descubrió que desencadena la germinación de semillas en plantas cuya reproducción depende del fuego, como el *E. pilularis* usado en mi experimento<sup>3</sup>. Una teoría sobre cómo forma la planta este *butanólido* denominado 3-metil-2tf-furo [2,3-c] piran-2-ona nos la proporcionan Light, Berger y van Steden, que formularon la hipótesis de que este *butanólido* concreto se creaba a partir de la celulosa dentro de la planta, y esta sustancia, creada por la celulosa, estimulaba el ciclo reproductivo de las semillas y, por consiguiente, la germinación<sup>4</sup>. Los dos diagramas circulares que muestran el porcentaje de semillas germinadas por el experimento de agua ahumada y agua desionizada, respectivamente, indican además que mi hipótesis era correcta, con el 88% de las semillas regadas con agua ahumada germinadas con éxito en comparación con tan solo el 47% de las semillas regadas de agua desionizada germinadas. Esto fue respaldado por mi test  $\chi^2$  que concluyó de forma precisa que

<sup>3</sup><http://www.sciencemag.org/content/305/5686/977>

<sup>4</sup><http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf050710u>

podíamos rechazar la hipótesis nula con un 95% de grado de confianza de que el agua ahumada germinaba eficazmente más semillas que el agua desionizada. El test t acerca del crecimiento de las plántulas demuestra que el agua ahumada tiene un efecto significativamente positivo sobre las plántulas de eucalipto.

### **Bibliografía**

Yates Gardening Ltd Sydney Australia

<http://www.yates.com.au/products/pots-and-potting-mix/all-purpose-potting-mix/yates-premium-potting-mix/> . Última visita : 10 de julio de 2011.

Gavin R. Flematti, Emilio L. Ghisalberti, Kingsley W. Dixon y Robert D. Trengove A Compound from Smoke That Promotes Seed Germination <http://www.sciencemag.org/content/305/5686/977> Science 13 de agosto de 2004:  
Vol. 305 n.º 5686 p. 977. Publicado en línea el 8 de julio de 2004.

Marnie E. Light, Barend V. Burger y Johannes van Staden Formation of a Seed Germination Promoter from Carbohydrates and Amino Acids <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf050710u>  
*J. Agric. Food Chem.*, 2005, 53 (15), p. 5936–5942. Fecha de publicación (en línea): julio de 2005

**Apéndice A: Tablas de datos brutos****Semillas regadas con agua ahumada (Ensayo 1)**

Número de semilla	¿Germinó la semilla?	Altura de la plántula en mm / $\pm 0,5$ mm
1	Sí	56,0
2	Sí	71,0
3	Sí	73,0
4	Sí	67,0
5	Sí	54,0
6	No	0
7	Sí	58,0
8	Sí	70,0
9	Sí	66,0
10	Sí	61,0
11	Sí	64,0
12	Sí	71,0
13	No	0
14	No	0
15	Sí	59,0
16	Sí	67,0
17	Sí	58,0
18	Sí	63,0
19	Sí	62,0
20	Sí	64,0
21	Sí	72,0
22	Sí	75,0
23	No	0,0
24	Sí	68,0
25	Sí	64,0
26	Sí	69,0
27	Sí	70,0
28	No	0
29	Sí	52,0
30	No	0
31	Sí	79,0
32	Sí	81,0
33	Sí	83,0
34	Sí	74,0
35	Sí	74,0
36	Sí	78,0
37	Sí	63,0
38	Sí	69,0
39	Sí	58,0
40	Sí	70,0
41	Sí	68,0
42	Sí	62,0
43	Sí	63,0
44	Sí	68,0
45	Sí	58,0
46	Sí	81,0
47	Sí	68,0
48	Sí	73,0
49	Sí	67,0
50	No	0

### Semillas regadas con agua desionizada (Ensayo 1)

Número de semilla	¿Germinó la semilla?	Altura de la plántula en mm / $\pm 0,5$ mm
1	Sí	18
2	Sí	27,0
3	Sí	19,0
4	No	0
5	No	0
6	No	0
7	Sí	24,0
8	No	0
9	Sí	25,0
10	No	0
11	Sí	28,0
12	No	0
13	No	0
14	Sí	17,0
15	Sí	23,0
16	No	0
17	Sí	16,0
18	No	0
19	Sí	26,0
20	Sí	27,0
21	Sí	15,0
22	No	0
23	No	0
24	Sí	27,0
25	No	0
26	Sí	21,0
27	Sí	22,0
28	No	0
29	Sí	27,0
30	Sí	37,0
31	No	0
32	No	0
33	Sí	26,0
34	Sí	31,0
35	No	0
36	No	0
37	Sí	27,0
38	Sí	41,0
39	No	0
40	No	0
41	No	0
42	Sí	25,0
43	No	0
44	Sí	19,0
45	No	0
46	No	0
47	Sí	37,0
48	Sí	22,0
49	No	0
50	Sí	25,0

**Semillas regadas con agua ahumada (Ensayo 2)**

Número de semilla	¿Germinó la semilla?	Altura de la plántula en / mm $\pm 0,5$ mm
1	Sí	72,0
2	Sí	73,0
3	No	0
4	Sí	72,0
5	Sí	57,0
6	Sí	74,0
7	Sí	79,0
8	Sí	62,0
9	Sí	78,0
10	Sí	64,0
11	Sí	72,0
12	Sí	79,0
13	Sí	72,0
14	Sí	57,0
15	Sí	56,0
16	Sí	83,0
17	Sí	63,0
18	No	0
19	Sí	72,0
20	Sí	63,0
21	No	0
22	Sí	58,0
23	Sí	81,0
24	Sí	57,0
25	Sí	62,0
26	No	0
27	Sí	74,0
28	Sí	73,0
29	Sí	83,0
30	Sí	58,0
31	Sí	74,0
32	Sí	57,0
33	Sí	63,0
34	Sí	79,0
35	Sí	60,0
36	Sí	74,0
37	Sí	79,0
38	Sí	57,0
39	Sí	86,0
40	Sí	53,0
41	Sí	56,0
42	Sí	67,0
43	Sí	63,0
44	Sí	68,0
45	Sí	54,0
46	Sí	68,0
47	Sí	68,0
48	No	0
49	Sí	62,0
50	Sí	72,0

### Semillas regadas con agua desionizada (Ensayo 2)

Número de semilla	¿Germinó la semilla?	Altura de la plántula en / mm $\pm 0,5$ mm
1	No	0
2	Sí	26,0
3	Sí	21,0
4	Sí	23,0
5	No	0
6	No	0
7	No	0
8	No	0
9	Sí	31,0
10	No	0
11	Sí	14,0
12	No	0
13	No	0
14	Sí	16,0
15	Sí	18,0
16	No	0
17	No	0
18	No	0
19	Sí	26,0
20	Sí	31,0
21	Sí	25,0
22	No	0
23	No	0
24	Sí	21,0
25	No	0
26	Sí	31,0
27	Sí	26,0
28	No	0
29	Sí	23,0
30	Sí	36,0
31	No	0
32	No	0
33	Sí	14,0
34	Sí	23,0
35	No	0
36	No	0
37	Sí	23,0
38	Sí	27,0
39	No	0
40	No	0
41	No	0
42	Sí	24,0
43	No	0
44	Sí	45,0
45	No	0
46	No	0
47	Sí	42,0
48	Sí	23,0
49	No	0
50	No	0