

# Efecto del biol elaborado con agua residual de piscicultura en la producción de plántulas de cacao en condiciones de vivero

Effect of biol made with fish farming wastewater on the production of cocoa seedlings under nursery conditions

Marcelo, Carlos F.<sup>1</sup>; Mamani, Gloria T.<sup>1</sup>; Rodríguez, Nydia D.<sup>1</sup> y Areche, Gimena .<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Centro del Perú, Satipo, Perú.

**Resumen:** En el distrito de Río Negro, se está incentivando la producción acuícola, la que genera aguas residuales con alta carga orgánica, y producen la contaminación hídrica, una alternativa es el uso de estos residuos en la elaboración de biol, que viene a ser un fertilizante líquido. Se planteó los siguientes objetivos: Determinar las características del biol elaborado con agua residuales de la producción de peces. Determinar la dilución adecuada del biol elaborado con agua residuales de piscicultura, en la producción de plántulas de cacao. Determinar el efecto de las diluciones de biol elaborado con agua residuales de piscicultura, en las características químicas del suelo. Se preparó biol en biodigestores, el cual se analizó para determinar sus características, se trasplanto plántulas de cacao a bolsas y se aplicó el biol (100%, 75%, 50% y 0%) al sustrato. Las plantas de distribuyeron en un diseño completamente al azar, los datos evaluados se realizó el análisis de varianza y la prueba de medias Tukey, De acuerdo a los resultados se puede afirmar que el biol elaborado con agua residual de piscicultura contiene nutrientes que favorecen el crecimiento de las plantas. Usar el biol a una concentración de 75% de biol y 25% de agua, favorece el crecimiento de las raíces y las hojas de cultivo de cacao en condiciones de vivero. Al aplicar el biol al sustrato incrementa la disponibilidad de potasio y magnesio, por otro lado, incrementa la salinidad y baja el pH. **Palabras clave:** biodigestores, biol, nutrientes, cacao, drench, agua residual..

**Abstract:** In the district of Río Negro, aquaculture production is being encouraged, which generates wastewater with a high organic load, and produces water pollution, an alternative is the use of this waste in the production of biol, which is a liquid fertilizer: To determine the characteristics of biol made with wastewater from fish production. Determine the appropriate dilution of biol made with fish farming wastewater in the production of cocoa seedlings. To determine the effect of dilutions of biol made from fish farming wastewater on the chemical characteristics of the soil. Biol was prepared in biodigesters, which was analyzed to determine its characteristics, cocoa seedlings were transplanted into bags and biol (100%, 75%, 50% and 0%) were applied to the substrate. The plants were distributed in a completely randomized design, the data evaluated were performed the analysis of variance and the Tukey mean test, according to the results it can be affirmed that the biol made with fish farming wastewater contains nutrients that favor the growth of the plants. Using biol at a concentration of 75% biol and 25% water promotes the growth of cocoa roots and leaves under nursery conditions. Applying biol to the substrate increases the availability of potassium and magnesium, on the other hand, it increases salinity and lowers pH.

**Keywords:** biodigesters, biol, nutrients, cocoa, drench, wastewater.



**Referencia:** Marcelo, C. F, Mamani, G. T, Rodríguez, N. D, y Areche, G. . (2024). Efecto del biol elaborado con agua residual de piscicultura en la producción de plántulas de cacao en condiciones de vivero. *Prospectiva Universitaria en Ciencias Agrarias*, 05(01), 16–22. <https://revistas.uncp.edu.pe/index.php/pucag/article/view/2496>

Recibido: 15 enero de 2024

Aceptado: 30 de junio de 2024

Publicado: 30 de junio de 2024

Prospectiva Universitaria en Ciencias Agrarias. Vol. 05, núm. 01, enero a junio, 2024. Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons



CC BY 4.0 DEED

Attribution 4.0 International

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

## 1. Introducción

En el distrito de Río Negro, se está incentivando la producción acuícola, esta actividad genera aguas residuales con alta carga orgánica y al ser drenada hacia las fuentes de agua más cercana, producen la contaminación hídrica. Una alternativa para el uso de las aguas residuales es la elaboración de abonos líquidos, debido precisamente a su alto contenido de materia orgánica, durante la biodigestión en condiciones anaerobias se liberan los nutrientes que posee la materia orgánica, la cual tiene potencial como fertilizante para los cultivos.

Para la producción piscícola se utilizan grandes cantidades de agua, que finalmente llevan consigo los excrementos que defecan los peces, los que a su vez empiezan a liberar nutrientes, al respecto Cisneros et al. (2018), indica que las aguas residuales tienen elementos nutritivos en forma disponible para las plantas. Por lo que inicialmente estos elementos nutritivos son aprovechados por las algas unicelulares y generan el incremento de estas en los estanques, para posteriormente ser evacuadas de los estanques a los drenajes y arroyos.

El contenido de heces y nutrientes evacuados, pueden generar la contaminación de los ríos, una alternativa es el uso de estos residuos en la elaboración de biol, que viene a ser un fertilizante líquido que puede ser utilizado en forma foliar. Su preparación se realiza en biodigestores anaerobios, lo que permite la descomposición del material orgánico y la liberación de nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas.

El uso de fertilizantes líquidos es una alternativa para el incremento de la producción de los cultivos, la dosis y diluciones a emplearse depende de las características de los insumos utilizados en su preparación.

Debido a estas consideraciones se pretende elaborar un fertilizante líquido utilizando aguas residuales de la producción de peces y emplearlo en la producción de plantones de cacao. Se planteó los siguientes objetivos: Determinar las características del biol elaborado con agua residuales de la producción de peces. Determinar la dilución adecuada del biol elaborado con agua residuales de piscicultura, en la producción de plantones de cacao. Determinar el efecto de las diluciones de biol elaborado con agua residuales de piscicultura, en las características químicas del suelo.

Respecto al impacto ambiental, Ardila y Martínez (2021), indican que la acuicultura genera impactos negativos en los recursos hídricos, debido a que no realizar el tratamiento de agua residuales, por ello, debe realizarse con criterios del desarrollo sostenible, de tal manera que ayude a conservar el agua. Si bien la

piscicultura es una actividad rentable, repercute en las fuentes de agua, por la concentración de contaminantes, las que tienen sólidos en suspensión, nitrógeno y fósforo he impactan en el desarrollo, crecimiento y reproducción de la fauna, por que presentan niveles tóxicos de compuestos nitrogenados (Perlaza & Lache, 2021). Se debe resaltar que, los desechos de la actividad piscícola, no presentan restricciones para ser utilizadas en la producción agrícola, debido a que no presentan limitaciones en elementos pesados, además tienen alto contenido de nitrógeno y fósforo (Laos et al., 1996). Por su parte, Cisneros et al. (2018) Cisneros Estrada, (2018) indica que, para ser reutilizadas en la actividad agrícola deben ser tratadas, de tal manera que cumplan con los requisitos de calidad y no representen riegos. Así mismos, menciona que las aguas residuales tienen elementos nutritivos en forma disponible para las plantas.

Trabajos previos realizados por Laos et al. (1996), con el objetivo de reutilizar los desechos de la piscicultura, las aguas residuales se trataron aeróbicamente, los resultados indican que el contenido de nitrógeno y fósforo es alto. Por su parte Delgado (2017), en el trabajo de investigación, sobre el uso de residuos de truchas y estiércol de porcinos, mediante la producción de biol, para mejorar la calidad del suelo. Después del proceso de fermentación que duro hasta 49 días en biodigestores encontró que el biol producido con 100% de restos de trucha obtuvo los mejores resultados, además que mejoro el crecimiento de la alfalfa. Así mismo, Indio (2017), realizo un estudio de investigación con el objetivo de elaborar biol, con residuos del biofloc del cultivo de tilapias, para utilizarlo como abono orgánico, se preparó el biol con proporciones de biofloc y agua. La mayor concentración de nutrientes de obtuvo en el biol con 100% de residuos del biofloc, el pH fue moderadamente ácido. Mientras que, Cornejo (2021) realizo un estudio con el objetivo de hallar la dosis de biol para la producción de cacao, se aplicó diferentes dosis de biol (5, 7 y 8 litros/ha), se distribuyó en bloques. Los resultados indica que la dosis más alta de biol (8 litros/ha) presenta promedios altos de número de mazorcas, longitud de mazorca y peso de 100 semillas.

Para la producción de biol, el tratamiento en recipientes compactos de poliéster reforzado, es una alternativa factible en comunidades rurales, ya que se instalan simplemente haciendo conexiones sencillas (Perlaza & Lache, 2021). La digestión anaerobia es considerada como un tratamiento secundario, en el que la materia orgánica, en sólidos sedimentales, este tipo de tratamiento remueve la demanda biológica de oxígeno

entre 85 y 95%. Durante la fermentación anaerobia, se depuran los contaminantes con ayuda de microorganismos anaerobios (Perlaza & Lache, 2021), y se logra obtener el biol el que contiene los nutrientes que serán utilizadas por las plantas. La tasa de liberación de fósforo es más alta en condiciones anaerobias, al tratar sedimentos de la actividad piscícola (Temporetti & Pedrozo, 2000). El biol además de nutrientes, tiene fitorreguladores que estimulan el desarrollo de la planta, además se debe tener en cuenta que, dosis altas de biol, puede llegar a causar quemaduras en las hojas y la muerte de las plantas (Indio, 2017).

## 2. Materiales y Métodos

### 2.1. Lugar de ejecución

El trabajo de investigación ejecutó en el Lt. 21, Mz A- Urb. Rio Negro

### 2.2. Materiales

Los materiales usados para la elaboración de biol fue; 180 litro de agua residual de piscicultura, 5Kg de azúcar, 0.5 kg de roca fosfórica, 0.5 kg de dolomita, biodigestor que fue acondicionado con brida de baquelita y reten. También se adquirieron 102 plantones de cacao de 1 mes de edad. Para la evaluación de características morfológicas se usaron, regla vernier, regla de 30 cm, flexómetro y balanza gramera. Las propiedades del suelo se mandaron a analizar al laboratorio KIPATSI EIRL.

### 2.3. Metodología

La población fue 9 plantones por unidad experimental, haciendo un total de 108, la muestra fue de 5 plantones, por unidad experimental haciendo un total de 60 plantas en todo el experimento.

El tipo y nivel de investigación fue aplicado y descriptivo-explicativo. El enfoque y método de investigación cuantitativo e inductivo. El diseño de investigación no experimental longitudinal para determinar las características del biol elaborado con agua residuales de la producción de peces y experimental para determinar el efecto en las plantas de cacao y el sustrato.

El biol se preparó con agua residual de piscicultura, se adicionó roca fosfórica, dolomita y azúcar como activador de microorganismos. El mismo que después 45 días se realizó el análisis de pH, conductividad eléctrica, TDS, nitrógeno, fosforo, potasio, calcio. Magnesio, azufre y solidos en suspensión.

Para la aplicación de tratamientos se realizaron diluciones de biol en agua (100:0, 50:50, 75:25 y 0:100) y se realizaron 3 aplicaciones, directamente agregando al suelo de las bolsas con plantones de cacao. Puga Vera, (2017), sugiere que el biol, puede aplicarse al suelo

y/o raíz de las plantas-

Se compró 108 plantones de cacao del vivero de la municipalidad distrital de Rio Negro, y se hizo la distribución según los tratamientos y las repeticiones en el área de estudio.

La evaluación de altura de planta, número de hojas, diámetro de tallo, tamaño de raíz, peso de raíz y área foliar. de las plantas de cacao, se realizaron a los 5 meses después de la primera aplicación del tratamiento.

Para el análisis de suelo, se juntaron y homogenizaron las 5 bolsas las mismas que se evaluaron las plantas, luego se extrajeron 0.5 kg de muestra de suelo para realizar el análisis de las propiedades del suelo.

El pH, se realizó mediante método de potenciómetro, conductividad eléctrica método electrométrico, fosforo extractable método de BRAY I, potasio extractable saturación de acetato de sodio, calcio y magnesio cambiable por complexometría con EDTA.

### 2.4. Técnicas de procesamiento de datos

Se realizó el análisis de varianza, diseño completamente aleatorizado DCA con cuatro tratamientos y tres repeticiones, luego se realizó la prueba de comparación de medias Tukey al 0.05.

## 3. Resultados

### 3.1. Características del biol elaborado con agua residuales

Al determinar las características del biol elaborado con agua residual de piscicultura, se observa que tiene una reacción muy acida (3.36) y una elevada salinidad (3.85 dS/m, el contenido de nitrógeno y fosforo son similares al agrobiol diluido según la recomendación para aplicar por el fabricante, mientras que el contenido de potasio, calcio y magnesio son mayores

### 3.2. Efecto en la producción de plantones de cacao

Al aplicar el biol en diferentes diluciones se observa influencia de las diluciones seleccionadas en el tamaño y peso de raíces, así como en el área foliar.

A mayor concentración del biol, se observa mayor crecimiento de raíces (Figura 1), esta acción esta favorecida por el contenido de nutrientes que posee el biol elaborado con aguas residuales de la actividad piscícola. Nos indica también que se podría enriquecer el biol.

A mayor concentración del biol, se observa mayor peso de raíces (Figura 2), el máximo peso se obtiene al aplicar biol al 80%. A dosis mayores el peso de las raíces tiende a disminuir, esto se podría atribuir a la mayor concentración de sales que tiene el biol sin diluir.

**Tabla 1***Comparación del biol elaborado con el producto agrobiol diluido 100 veces*

Variable	Unidad	Biol	Agrobiol*
PH	Unidades	3.36	
Conductividad Eléctrica	ms/cm	3.85	0.0467
Total de sólidos disueltos	mg/L	2592	
Nitrógeno (N)	%	0.018	0.021
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	%	0.025	0.015
Potasio (K <sub>2</sub> O)	%	0.260	0.069
Calcio (Ca)	%	0.059	0.030
Magnesio (Mg)	%	0.060	0.007
Azufre (S)	%	0.018	0.002
Sólidos en suspensión	%	1.580	

\* Recomendación para aplicar a plantas

A mayor concentración del biol, se observa mayor área foliar (Figura 3), el crecimiento se obtiene al aplicar al aplicar biol al 80%.

### 3.3. Efecto en las características químicas del suelo

A mayor concentración del biol, disminuye el pH del sustrato (Figura 4), esta acción se debe a que el biol tiene un pH de 3.36, la cual afecta al pH del sustrato.

A mayor concentración del biol, se incrementa la conductividad eléctrica (Figura 5) del sustrato, esta acción se debe a que el biol tiene una elevada salinidad y afecta al sustrato.

A mayor concentración del biol, se incrementa la concentración de potasio (Figura 6), la cual guarda relación con la concentración de biol aplicada.

Al incrementarse la concentración del biol, se incrementa la concentración de magnesio (Figura 7), la cual guarda relación con la concentración de biol aplicada.

## 4. Discusiones

Respecto a las características del biol elaborado con agua residual de piscicultura, el pH es muy ácido, el cual no se comendaría en suelos ácidos, ya que bajaría a valores poco recomendados, la acidez del biol se puede atribuir a los compuestos orgánicos presentes en el agua residual, la conductividad eléctrica tiene valores extremos, si lo comparamos con el producto comercial Agrobiol diluido (1 litro del producto en 100 litros de agua), el biol elaborado con agua residuales de la piscicultura supera el límite permitido (Ministerio del ambiente, 2017), al respecto Sánchez (2006), conside-

ra que el uso de agua con una conductividad eléctrica superior a 2.25 dS/m es peligrosa, por su parte [García \(2015\)](#), recomienda que el uso de las aguas residuales, se debe hacer con cuidado para prevenir que la salinidad afecten a las plantas.

Los nutrientes contenidos N, P, K, Ca, Mg y S son apropiados para la fertilización de los suelos, lo que contribuirá al crecimiento de las plantas. Se resalta el hecho que el potasio triplica la concentración del Agrobiol diluido. Al respecto [García \(2015\)](#), afirma que las aguas residuales tienen nutrientes que favorecen el crecimiento en las plantas. Por su parte [Martínez \(2018\)](#), al comparar en uso del biol con un fertilizante comercial, afirma que aplicar biol se equipara al uso de un abono foliar comercial.

El biol elaborado con agua residual de piscicultura tiene características parecidas a lo reportado por Pérez Méndez et al., (2017), quien indica que el biol elaborado con estiércol de ovino y vacuno, raquis de plátanos y hojas del árbol Neem, tienen pH varía de 3.36 a 7.96, la CE varía de 0.06 a 0.25 dS/cm, el contenido de potasio varía de 232.5 a 2662.5 mg.L<sup>-1</sup>, el fósforo varía de 22.83 a 189.16 mg.L<sup>-1</sup>, el nitrógeno varía de 0.03 a 698.3 mg. L<sup>-1</sup>, el calcio varía de 140 a 1200 mg. L<sup>-1</sup>, el magnesio varía de 168 a 528 mg.L<sup>-1</sup>, el único parámetro muy diferente es la conductividad eléctrica, biol elaborado con agua residual de piscicultura es muy salino, esta característica se puede atribuir al uso de la sal doméstica como profiláctico en la acuicultura (Das Neves Barros et al., 2020).

Al aplicar el biol sin diluir (100%) el área de las hojas disminuye su crecimiento, esto podemos atribuirle a la alta concentración de sales que presenta el biol

**Tabla 2**

*Resumen de análisis de varianza del efecto de la aplicación de las diluciones de biol (grupos), sobre las características de los plantones de Cacao*

Variables	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Altura de planta (cm)					
Entre grupos	53.2451	3	17.7484	2.98	0.0967
Intra grupos	47.7181	8	5.96477		
Diámetro de tallo (cm)					
Entre grupos	0.004502	3	0.001501	1.06	0.4177
Intra grupos	0.011309	8	0.001414		
Número de hojas (sqrt(x))					
Entre grupos	0.444242	3	0.148081	2.67	0.1182
Intra grupos	0.442859	8	0.055357		
Tamaño de raíz (cm)					
Entre grupos	59.4156	3	19.8052	5.8	0.0209
Intra grupos	27.3189	8	3.41487		
Peso de raíz (g)					
Entre grupos	1.89735	3	0.632451	4.08	0.0495
Intra grupos	1.23877	8	0.154846		
Área foliar (cm <sup>2</sup> )					
Entre grupos	2332.97	3	777.657	5.34	0.0259
Intra grupos	1164.58	8	145.573		

*Nota.* Valores de  $P < 0.0500$ , indican que existen diferencias estadísticas entre diluciones

elaborado con agua residuales de la piscicultura (3.85 ms/cm), el cual es considerado como salinidad muy alta (Sánchez A, 2006), las plantas presentan mayor área foliar al aplicar biol al 75%, aun cuando tiene menor concentración de nutrientes que la dosis al 100%, esto podemos atribuirle a que presenta una menor salinidad debido a que se diluyo.

El crecimiento en peso de las raíces es mayor al aplicar biol al 75%, precisamente por la acción de la concentración de sales que estarían disminuyendo su ganancia de peso, por efecto del estrés osmótico que influye en la síntesis de metabolitos y afecta el crecimiento y desarrollo de las plantas (Lamz Piedra y González Cepero, 2013), esto resultados son apoyados por (Arévalo Ruiz, 2019), quien menciona que al fertilizar el cacao sin biol se tiene una menor producción.

Respecto a la acción del biol sobre el suelo, disminuye el pH del sustrato, debido a que el biol es muy ácido, mientras que la salinidad se incrementa por la alta concentración de sales. El uso del biol concentra-

do al 100% incrementa la disponibilidad de potasio y magnesio.

#### 4.1. Conclusión

De acuerdo a los resultados se puede afirmar que el biol elaborado con agua residual de piscicultura contiene nutrientes que favorecen el crecimiento de las plantas. Usar el biol a una concentración de 75% de biol y 25% de agua, favorece el crecimiento de las raíces y las hojas de cultivo de cacao en condiciones de vivero. Al aplicar el biol al sustrato incrementa la disponibilidad de potasio y magnesio, por otro lado, incrementa la salinidad y baja el pH.

#### 4.2. Agradecimientos

Al laboratorio de la empresa Kipatsi por las facilidades para realizar los análisis de suelos.

#### 4.3. Contribución de los autores

Todos los autores realizaron el experimento, evaluaron, analizaron los datos y revisaron el manuscrito.

#### 4.4. Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.



**Tabla 3**

*Resumen de análisis de varianza del efecto de la aplicación de las diluciones de biol (grupos), sobre las características químicas del suelo*

Variables	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
PH Unidades de pH					
Entre grupos	0.1104	3	0.0368	29.45	0.0001
Intra grupos	0.01	8	0.0013		
CE dS:m-1					
Entre grupos	2886.9	3	962.31	240.58	0
Intra grupos	32	8	4		
Fósforo (mg.Kg-1)					
Entre grupos	20.971	3	6.9903	1.12	0.3972
Intra grupos	49.992	8	6.249		
Potasio (mg.kg-1)					
Entre grupos	2994.9	3	998.31	18.79	0.0006
Intra grupos	425.06	8	53.132		
Calcio (cmol.Kg-1)					
Entre grupos	0.0986	3	0.0329	1.46	0.2964
Intra grupos	0.1799	8	0.0225		
Magnesio (cmol.Kg-1)					
Entre grupoS	1.3641	3	0.4547	7.19	0.0117
Intra grupos	0.5063	8	0.0633		

*Nota.* Valores de  $P < 0.0500$ , indican que existen diferencias estadísticas entre diluciones

## Referencias

- Ardila, I. G., & Martinez, E. (2021). Propuesta de un sistema de tratamiento de vertimientos en la estación piscícola Propiscol como herramienta de gestión ambiental para la producción pecuaria sostenible. *Teknos revista científica*, 21(1), 34-43. <https://doi.org/10.25044/25392190.1026>
- Cisneros, O., Guzmán, L. F., & Marka, L. (2018). *Guía técnica para el reúso de aguas residuales en la agricultura*. Ministerio de Medio Ambiente y Agua.
- Delgado, M. D. (2017). *Residuos orgánicos de truchas y estiércol de porcino para la obtención de biol en la mejora de la calidad de suelo, para el cultivo de Medicago Sativa L. en Oyón, 2017* [Tesis de lic.]. Universidad César Vallejo. Consultado el 1 de septiembre de 2025, desde <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/46422>  
Accepted: 2020-09-11T16:43:38Z.
- Garcia, M. I. (2015, 14 de febrero). *Efecto del agua residual sobre el cultivo de brocoli (Brassica oleracea var. italica L.)* [Tesis de lic.]. Universidad Autónoma Agraria. Consultado el 1 de septiembre de 2025, desde <https://repositorio.uaaan.mx/xmlui/handle/123456789/5518>  
Accepted: 2015-02-15T03:02:03Z.
- Indio, E. F. (2017). *Elaboración de BIOL a partir del residuo liquido del BIOFLOC del cultivo de peces* [Tesis de lic.]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Consultado el 1 de septiembre de 2025, desde <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3165>

- Laos, F., Mazzarino, M. J., & Satti, P. (1996). Liberación de nutrientes de residuos orgánicos derivados de actividad piscícola y urbana en la región andino - patagónica argentina. *Ciencia del suelo*, 14(1), 24-29. Consultado el 1 de septiembre de 2025, desde <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4387654>
- Martinez, A. (2018). *Efecto de tres dosis de abono foliar líquido biol en la fase de vivero del cultivo de cacao (Theobroma cacao L.), en la junta vecinal de Pampa Yurac, distrito y provincia de Padre Abad* [Tesis de lic.]. Universidad Nacional de Ucayali. Consultado el 1 de septiembre de 2025, desde <https://hdl.handle.net/20.500.14621/3679>
- Perlaza, M. P., & Lache, J. D. (2021). *Propuesta técnica y económica para el tratamiento de aguas residuales provenientes de una piscícola ubicada en el corregimiento de Patio Bonito, Cundinamarca, mediante un humedal artificial* [Tesis de lic.]. Universidad de la Salle. Consultado el 1 de septiembre de 2025, desde <https://hdl.handle.net/20.500.14625/22430>
- Temporetti, P. F., & Pedrozo, F. L. (2000). Phosphorus release rates from freshwater sediments affected by fish farming: Phosphorus release rates. *Aquaculture Research*, 31(5), 447-455. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2000.00465.x>