



**Grupo Intercomunitario Ibérico Con Respeto
(Amigos de la Biodinámica)**

Investigación en agricultura y alimentación biodinámica: una revisión

Christopher Brock, Uwe Geier, Ramona Greiner, Michael Olbrich-Majer, Jürgen Fritz*

Open Agriculture. 2019; 4: 743-757

Traducción del inglés al francés con la ayuda de Deepl.com por M. Quantin, Association Biodynamie Recherche.

Artículo traducido de la versión francesa por Pedro Ramos, con permiso expreso del MABD (Mouvement de l'Agriculture Biodynamique).

Revisión, Ricardo Colmenares y Adoración Yuste, marzo 2021

Resumen: La investigación sobre la alimentación y la agricultura biodinámica tiene una larga historia en el seno del movimiento biodinámico. Mientras que el objetivo fundamental de esta investigación siempre ha sido proporcionar conocimientos que permitan impulsar el desarrollo de este enfoque agrícola, recientemente se ha incrementado el interés por compartir los trabajos y los resultados de esta investigación entre la comunidad científica mundial. Después de una introducción a la agricultura biodinámica, esta revisión proporciona una visión general de las publicaciones revisadas por pares sobre cuestiones relativas a la alimentación y la agricultura biodinámica publicadas entre los años 2006 y 2017. El periodo que precede a estas fechas está cubierto por las publicaciones de Leiber *et al.* (2006) y Turinek *et al.* (2009).

En total, se han incluido en este análisis 86 artículos. Los aspectos más frecuentes hacen referencia a la calidad y la salud de los suelos en la agricultura biodinámica con respecto a la agricultura convencional y la biológica, los efectos de los preparados biodinámicos, la calidad de los alimentos y la viticultura. Los estudios proporcionan pruebas substanciales de los efectos positivos del manejo biodinámico sobre los agroecosistemas y la calidad de los alimentos:

- 1) El manejo biodinámico crea efectos sistémicos sobre los suelos, donde la aplicación de compost juega un papel clave.

- 2) Los preparados biodinámicos tienen efectos sobre la composición química y la calidad de los alimentos.
- 3) La producción biodinámica puede mejorar el valor de los alimentos en lo que respecta a sus propiedades nutritivas, su sabor, y la salud y el bienestar del ser humano.
- 4) El manejo biodinámico mejora la calidad de las uvas y las características de las plantas con respecto al manejo no biodinámico.

Hasta ahora, los efectos de la producción biodinámica han sido estudiados generalmente con ayuda de métodos analíticos clásicos en las ciencias naturales y de la vida, que incluyen el uso de diseños de estudio sectoriales y reduccionistas. La aplicación de diseños de investigación o de métodos específicos que permiten un análisis más holístico es poco frecuente. Por eso consideramos el desarrollo de métodos y diseños de investigación apropiados para un examen holístico como el mayor reto para la futura investigación en el campo de la alimentación y de la agricultura biodinámica.

Palabras Clave: Biodinámica, organismo agrícola, preparados biodinámicos, calidad alimentaria, métodos de investigación.

Traducción del inglés al francés con la ayuda de Deepl.com por M. Quantin, Association Biodynamie Recherche.

***Correspondencia con el autor: Jürgen Fritz**, Institute of Crop Science and Resource Conservation, Department of Agroecology and Organic Farming, Unifc.sity of Bonn, Auf dem Hügel 6, D-53121 Bonn, Germany

Jürgen Fritz, Department of Organic Farming and Cropping Systems, Unifc.sity of Kassel, Nordbahnhofstr. 1a, D-37213 Witzenhausen, Germany, E-mail: j.fritz@uni-bonn.de

Christopher Brock, Uwe Geier, Ramona Greiner, Forschungsring e.V., Brandschneise 5, 64295 Darmstadt, Germany

Ramona Greiner, FiBL Projekte GmbH, Weinstraße Süd 51, 67098 Bad Dürkheim, Germany

Michael Olbrich-Majer, Demeter e.V., Brandschneise 1, 64295 Darmstadt, Germany

1. Introducción

Desde un punto de vista histórico, la agricultura biodinámica (ABD) ha sido la primera estrategia sistemática de agricultura biológica que surge como una alternativa, ya a principios del siglo XX en Europa, a la agricultura industrial de grandes insumos. El enfoque biodinámico está basado en un ciclo de ocho conferencias para agricultores (*Fundamentos Espirituales para la renovación de la Agricultura:*

*Una Serie de Conferencias*¹) impartidas por Rudolf Steiner en 1924 en la finca Koberwitz cerca de Wrocław (antes Breslau) (Steiner 1925, cf. Paull 2011). El concepto de la agricultura biodinámica se ha desarrollado en el marco de la antroposofía (Paull 2011a, 2011b).

Hoy en día, la agricultura biodinámica es practicada por más de 5.500 agricultores en todo el mundo (Demeter Internacional, 2019), y este método de agricultura goza de una muy buena reputación entre los consumidores de productos biológicos. La investigación para validar y desarrollar los métodos biodinámicos ha sido siempre una preocupación importante de esta comunidad. No obstante, la antroposofía, como sistema filosófico, adopta un punto de vista sobre los sistemas naturales que se aparta en parte de las hipótesis asumidas por las ciencias naturales. Los métodos biodinámicos no son por tanto todavía totalmente comprensibles con las ciencias naturales clásicas. En este contexto, los investigadores en alimentación y agricultura biodinámica siempre han estado interesados en el desarrollo de nuevos enfoques analíticos además de utilizar los métodos clásicos de las ciencias naturales, que permitan llevar a cabo una exploración más holística de los sistemas y métodos biodinámicos. La cristalización sensible es un ejemplo de nuevo método analítico que ya ha adquirido una reputación en la literatura científica (por ejemplo, Fritz *et al.* 2011). No obstante, hasta la fecha, los sistemas y técnicas biodinámicas se han estudiado habitualmente con los métodos clásicos de las ciencias naturales y hay numerosos resultados en la literatura científica que confirman su efecto, como lo muestran los artículos de revisión de Leiber *et al.* (2006) y Turinek *et al.* (2009).

El objetivo de este documento es proporcionar una visión general de las investigaciones actuales sobre la alimentación y la agricultura biodinámicas, y de señalar los retos y las perspectivas que existen en este campo. Para hacer esto, nos basamos en una revisión de los artículos publicados en revistas científicas con revisiones por pares, concentrándonos en el periodo de 2006 a 2017, como continuidad a los trabajos de Leiber *et al.* (2006) y de Turinek *et al.* (2009).

2. Características de los sistemas agrícolas biodinámicos

2.1. La percepción de la finca como un organismo individual

En la agricultura biodinámica, una finca es considerada como un organismo con individualidad propia. Steiner (1925) utilizó al ser humano como modelo para la comprensión de este organismo finca. Según este concepto, diferentes elementos del sistema agrícola, tales como los campos de labor, los pastos, las zonas salvajes, el suelo, los animales, las plantas y los seres humanos, desempeñan las mismas funciones que los órganos del cuerpo humano, siendo todos vitales para la finca individual como totalidad. El manejo de una finca biodinámica tendría que mantener o mejorar la salud de este organismo apoyando la funcionalidad de todos estos órganos, así como las relaciones entre ellos y el medio ambiente. Como lo subrayan Bloksma y Struik (2007), un organismo finca sano, desde la perspectiva biodinámica, no es sólo un agro-ecosistema físicamente "sano", resiliente y sostenible, adaptado a las condiciones locales, sino que implica igualmente una dimensión sociocultural y mental/espiritual, porque la agricultura es en sí misma una interacción entre el ser humano y el medio ambiente natural, y está anclada en un medio ambiente cultural.

2.2. Los animales en la finca

La tenencia de animales es una exigencia importante en la agricultura biodinámica, porque se parte del principio de que los animales, y las vacas en particular, proporcionan un abono de una calidad que no puede ser alcanzada con abono de origen vegetal únicamente. Por esto, en diferentes países, la Asociación Demeter recomienda tener rumiantes en las fincas. Además, las vacas no deben descornarse, e igualmente se evitan las razas sin cuernos. La razón de ello es que el cuerno es considerado como un rasgo fundamental de los bovinos que no tendría que ser suprimido para razones

1 N. de Trad.: Publicado en castellano con el nombre de *Curso de Agricultura Biodinámica*, Editorial Rudolf Steiner, Madrid

de manejo. De hecho, el cuerno tiene funciones importantes en el organismo de la vaca (Knierim *et al.* 2015), y el descornado o la ausencia de cuernos modifica considerablemente la fisiología de la vaca.

2.3. El manejo de los suelos para tener suelos vivos

El manejo de los suelos en la agricultura biodinámica tiene por objetivo un suelo sano en tanto que órgano central del organismo finca. Según Lehmann *et al.* (2015), un suelo sano puede ser definido como un suelo resiliente que proporciona servicios ecosistémicos relacionados con el suelo al más alto nivel. En principio, el concepto de salud de los suelos en la agricultura biodinámica no difiere de esta definición, pero concede más peso a la capacidad del suelo para regular o transformar impactos energéticos, tales como las fuerzas cósmicas ("Fuerzas cósmicas" hacen referencia aquí a los efectos de la luna, del sol y de los planetas, así como a los ciclos lunares o zodiacales sobre los procesos vitales), o los preparados biodinámicos.

2.4. Los preparados

Los preparados biodinámicos se consideran a menudo como el elemento central de la agricultura biodinámica. Estas enmiendas permiten dar al suelo un impulso comparable al de la práctica homeopática. Hay nueve preparados específicos compuestos de materias vegetales, de estiércol o polvo de sílice, contenidos en envolturas de órganos de animales. La producción de estos preparados puede ser considerado similar a la producción de remedios caseros utilizando ingredientes de la finca. Aunque los preparados no sean fácilmente comprensibles desde un punto de vista científico, hay numerosas pruebas de la eficacia de estos preparados en la literatura científica contemporánea, como lo mostraremos más adelante en este estudio.

2.5 Selección

La selección de plantas y animales robustos para obtener una elevada calidad en los productos ha sido siempre una preocupación importante en la agricultura biodinámica. El abandono de técnicas de manipulación tales como la selección de híbridos, el tener en cuenta prácticas de cultivo biodinámico y la orientación hacia la madurez, la vitalidad y el sabor son características esenciales de la selección biodinámica de plantas.

2.6. Alimento para la salud y el bienestar

La agricultura biodinámica tiene que producir alimentos y forrajes de alta calidad. El objetivo de la agricultura biodinámica es producir alimentos que alimentan no sólo el cuerpo, sino también el alma y el espíritu, y promoviendo así el desarrollo humano (Demeter Internacional 2016). La alimentación del alma y del espíritu es una reivindicación que hasta el presente está poco documentada debido a la carencia de métodos e investigación. No obstante, los resultados sobre la elección de los consumidores (por ejemplo, Goetzke *et al.* 2014) y el bienestar emocional ligado a la alimentación (Geier *et al.* 2016), pueden considerarse como indicios sobre las propiedades de los alimentos más allá de los efectos nutricionales.

3. Métodos de investigación en agricultura biodinámica

La investigación sobre la agricultura biodinámica tiene una larga historia. El "Círculo Experimental Agrícola" ("Landwirtschaftlicher versuchsring") fue fundado en los países germanoparlantes justo después de las conferencias de Steiner en Koberwitz en 1924, con el fin de examinar sus hipótesis y recomendaciones por la vía de experimentos en fincas. Como la visión biodinámica de la agricultura apela explícitamente a una perspectiva holística, los enfoques reduccionistas comúnmente utilizados

para evaluar los efectos de las prácticas en las fincas se han considerado insuficientes por la comunidad de los investigadores biodinámicos. No obstante, la investigación en un marco de sistemas, ya se trate de sistemas de conocimientos ecológicos tradicionales o académicos, considera tan relevantes los aspectos holísticos como los reduccionistas (Ludwig y Polisei 2018). Según los autores, ninguno de los dos sistemas de conocimiento puede comprender plenamente un objeto del mundo natural apoyándose sólo en uno de los dos enfoques metodológicos. No obstante, los métodos tradicionales ponen generalmente el foco en una perspectiva holística, por ser esta inevitable en la práctica agrícola para resolver un reto. La investigación académica, en cambio, apunta esencialmente a producir nuevos conocimientos a diferentes escalas y debe concentrarse a menudo en una evaluación reduccionista para limitar la complejidad.

Aunque la teoría de la agricultura biodinámica ha sido inventada hace aproximadamente cien años, comparte numerosas características con los sistemas de conocimiento tradicionales, y la argumentación de Ludwig y Polisei (2018) es pues útil también para comprender el sistema de conocimientos biodinámicos.

Una aproximación al análisis holístico del suelo, de las plantas y de los alimentos es la utilización de métodos morfogenéticos o de creación de imágenes. Con estos métodos, un extracto de la muestra se pone sobre un papel de filtro (cromatografía circular, cf. por ejemplo Kokornaczyk *et al.* 2017) o sobre una placa de Petri con cloruro de cobre CuCl_2 (Cristalización sensible, ver por ejemplo Huber *et al.* 2010), donde aparecen patrones característicos. El método de cristalización sensible ha sido aplicado con éxito para diferenciar muestras de origen diferente en experimentos con repeticiones (por ejemplo Kahl *et al.* 2009; Busscher *et al.* 2010). Recientemente, se ha demostrado que estos patrones de cristalización pueden relacionarse con la edad fisiológica de las muestras de plantas (Doesburg *et al.* 2015; Fritz *et al.* 2018). En principio, la cristalización sensible presenta algunas similitudes con la cromatografía de gases. El análisis se desarrolla a un alto nivel de integración. Los efectos detectables a este nivel pueden no ser accesibles con un enfoque reduccionista, aún cuando puedan existir correlaciones entre el patrón de cristalización sensible y determinadas características bioquímicas, si el compuesto o el proceso bioquímico activo que tiene un impacto sobre la formación del patrón ha sido totalmente identificado. Un estudio que muestra las relaciones entre el patrón de la cromatografía circular y ciertos parámetros químicos del suelo ha sido publicado por Kokornaczyk *et al.* (2017). Sin embargo, contrariamente a la cromatografía de gases y a otros enfoques comparables, se supone que los patrones de cristalización no expresan sólo la composición química de una muestra. Al contrario, proporcionan una imagen compleja del estado fisiológico de un objeto que incluye la relación con la vitalidad y la salud más allá de las características químicas.

Otro enfoque holístico es el "Test Alimentario Empático" según Geier *et al.* (2016), que es un método de evaluación de las emociones inducidas por el alimento. El protocolo del método se apoya en los test alimentarios sensoriales, pero se enfoca más a las emociones que al sabor. Haciendo esto, el método establece una relación entre la calidad de los alimentos y el bienestar del ser humano.

4. Métodos

Se ha llevado a cabo una investigación documental completa sobre la base del buscador online Google Scholar (<http://scholar.google.com>). La palabra clave principal en el buscador fue "biodinámica". La investigación se ha concentrado sobre las publicaciones revisadas por pares entre 2006 y 2017. Se ha escogido este periodo porque es una continuación al artículo de revisión "Agricultura Biodinámica Hoy" de Leiber *et al.* (2006) y se solapa ligeramente con el artículo de revisión de Turinek *et al.* (2009).

Hemos incluido 86 artículos en esta revisión. Según la figura 1, hay una clara tendencia al aumento de la actividad de publicación durante el periodo aquí revisado.

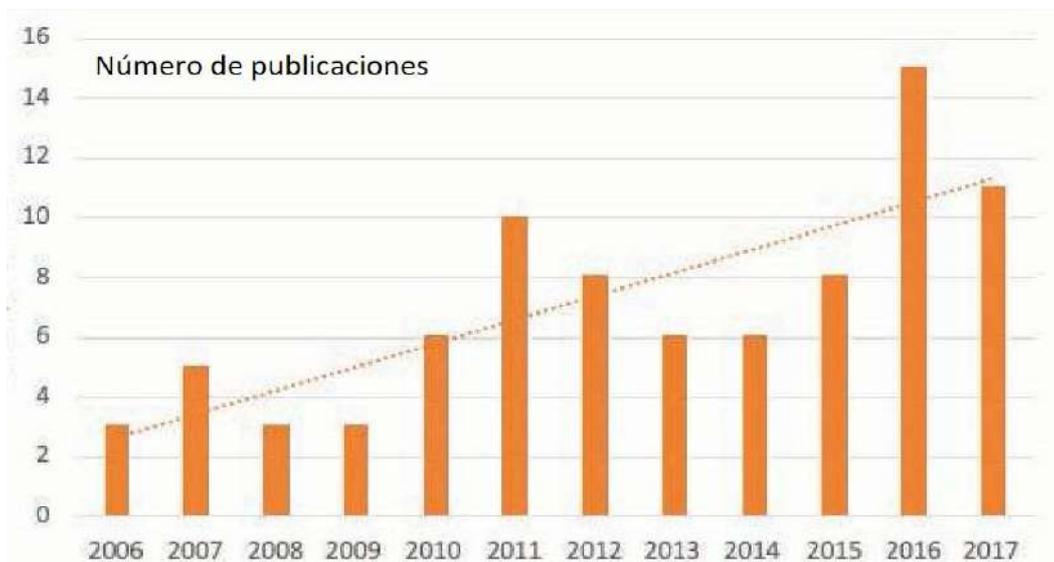


Figura 1 : Evolución temporal y tendencia del número de publicaciones revisadas por pares sobre la alimentación y la agricultura biodinámica en la literatura científica entre 2006 y 2017.

La mayoría de los artículos (67 artículos) se refieren a estudios realizados en Europa. Por otra parte, 4 artículos provienen de la región Australia-Nueva Zelanda, 4 artículos de América del Norte y 4 de América del Sur, mientras que 7 artículos provienen del Sudeste Asiático. No hemos encontrado artículos procedentes de África durante este periodo revisado.

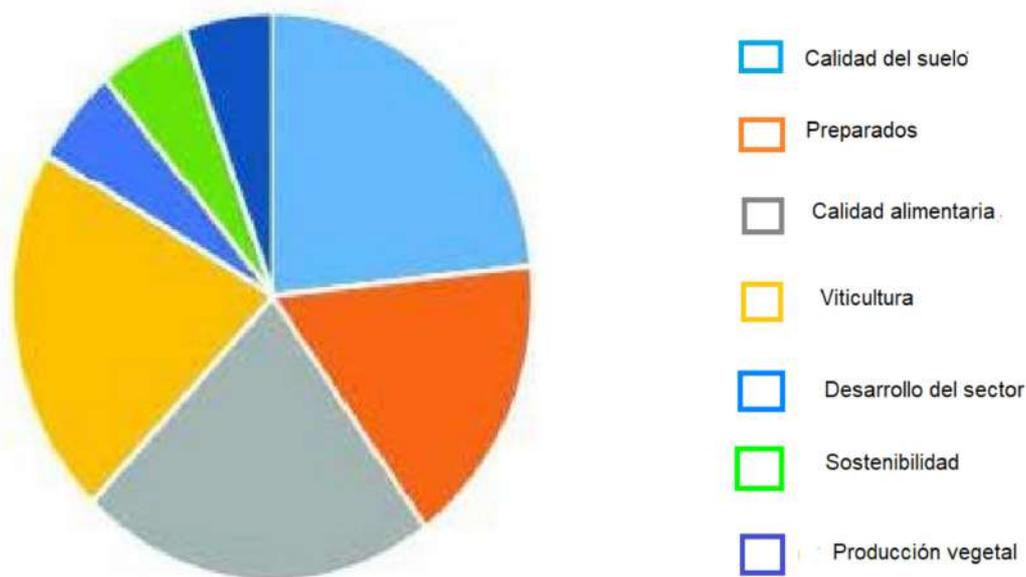


Figura 2: *Distribución temática de las publicaciones con revisión de pares publicadas en el campo de la alimentación y la agricultura biodinámica.*

Nota : los artículos aparecen en todos los grupos temáticos que abordan.

Las publicaciones han podido ser agrupadas en seis temas (Figura 2): 21 artículos se refieren a los aspectos de la calidad y la salud de los suelos, 15 artículos tratan sobre los efectos de los preparados biodinámicos, 20 artículos tratan sobre la calidad de los alimentos, 18 artículos clásicos y un artículo de revisión tratan de la viticultura y la enología, y 5 artículos tratan cada uno respectivamente de la sostenibilidad de los sistemas agrícolas biodinámicos, del desarrollo del sector y de cuestiones relativas a la producción biodinámica de cultivos. El número total de citas (90) es ligeramente superior al número de referencias (86), porque hay referencias que pueden aparecer en más de un grupo temático.

La variedad temática de los documentos no cubre por tanto todas las características de la agricultura biodinámica introducidas anteriormente. Esta cuestión será abordada posteriormente.

5. Resultados

5.1 Estado de los conocimientos

Antes de esta revisión, han sido publicados otras dos revisiones sobre la investigación en agricultura biodinámica en general (Turinek *et al.* 2009; Leiber *et al.* 2006), así como un estudio sobre investigación en producción de vino biodinámico (Castellini *et al.* 2017), y otro sobre los efectos de los preparados biodinámicos (Chalker-Scott 2013).

Leiber *et al.* (2006) se centran en una descripción general de la agricultura biodinámica y sus elementos característicos. Por otra parte, dan una visión general sobre las principales cuestiones que se plantean los investigadores y los agricultores biodinámicos. Este estudio muestra que las primeras investigaciones se concentran principalmente sobre el modo de acción de los preparados biodinámicos, el impacto del enfoque biodinámico sobre el suelo y la influencia de los ritmos cósmicos sobre el desarrollo de las plantas. Turinek *et al.* (2009) resumen los resultados de diferentes ensayos a largo plazo. Estos estudios se refieren a la influencia del enfoque biodinámico sobre las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo. Además, la revisión muestra como los investigadores analizan la influencia de la agricultura biodinámica sobre la biodiversidad y los factores ambientales. También contiene una visión general de los estudios de casos relativos a las cuestiones biodinámicas. La cristalización sensible se presenta como un método prometedor para la evaluación de la calidad en la agricultura biodinámica.

5.2. Calidad y salud de los suelos

Aunque los suelos y su manejo sean objeto de una gran atención en la práctica de la agricultura biodinámica, así como en la investigación sobre los sistemas agrícolas, no hay nada más que unos pocos estudios sobre las cuestiones relacionadas con los suelos en la agricultura biodinámica disponibles en la literatura científica (cf. también Turinek *et al.* 2009; Ponzio *et al.* 2013). Estos estudios se concentran en los efectos del manejo biodinámico sobre la materia orgánica del suelo, la biología del suelo y/o la disponibilidad de nutrientes, aplicando los métodos analíticos clásicos de la edafología. La mayoría de los artículos incluidos en esta revisión se refieren a tres ensayos de campo de larga duración: el ensayo DOC en Therwil/Suiza, en curso desde 1977, el ensayo en Darmstadt/Alemania, realizado entre 1980 y 2009, y el ensayo en Frick/Suiza, comenzado en 2002 y todavía en curso. El objetivo del ensayo DOC es comparar los sistemas agrícolas en materia de fertilización y de la protección de los cultivos sobre la base de una rotación regular de cultivos (cf. descripción en Fließbach *et al.* 2007). El ensayo de Darmstadt ha comparado el manejo biodinámico con el biológico (donde la diferencia consistía en la aplicación de preparados biodinámicos en el manejo biodinámico) y un tratamiento inorgánico sin aplicación de estiércol orgánico, sino con aplicación de fertilizante de nitrógeno sintético (Raupp y Oltmanns 2006). El experimento de Frick es un experimento trifactorial, donde el efecto del manejo biodinámico (es decir la aplicación de los preparados) se compara en base a diferentes niveles de fertilización y la intensidad del laboreo del suelo (Berner *et al.* 2008).

Soló dos estudios no basados en ensayos de campo de larga duración se incluyen aquí: una investigación sobre fincas gemelas en Australia (Burkitt *et al.* 2007), y una investigación sobre viñedos bajo distintos manejos por Burns *et al.* (2016).

La materia orgánica del suelo (MOS) es reconocida como un factor clave de la fertilidad del suelo así como de un gran número de funciones del suelo (por ejemplo Fageria 2012). Niveles de MOS más altos en biodinámica con relación a todos los tratamientos no biodinámicos se han observado en el marco de la prueba DOC (Fließbach *et al.* 2007). En Darmstadt, los niveles de MOS en biodinámica fueron igualmente más altos que en las demás modalidades, según Heitkamp *et al.* (2011), pero los autores sospechan que la diferencia con relación al tratamiento no biodinámico (biológico) que recibió la misma cantidad de fertilización (sin preparados biodinámicos) es el resultado de la metodología de investigación empleada. Ninguna diferencia en los niveles de MOS entre el manejo biodinámico y no biodinámico se observó en el experimento de Frick (Gadermaier *et al.* 2012), ni en el estudio de suelos de pastos llevado a cabo por Burkitt *et al.* (2007).

En el experimento DOC, el manejo biodinámico incluso ha llevado a una proporción más alta de fracciones de materia orgánica más estables (Birkhofer *et al.* 2007), una actividad biológica más alta (Birkhofer *et al.* 2007; Fließbach *et al.* 2007), un cambio en las poblaciones bacterianas (Heger *et al.* 2012), y una mejor utilización del carbono por la biomasa microbiana (Fließbach *et al.* 2007) comparados con los manejos no biodinámicos. Cambios en las poblaciones bacterianas (Faust *et al.* 2017; Joergensen *et al.* 2009) y una utilización más eficaz del carbono orgánico del suelo por los microbios (Sradnick *et al.* 2018) han sido señalados igualmente durante la experiencia de Darmstadt. En Frick, el manejo biodinámico ha tenido igualmente un impacto sobre la comunidad microbiana del suelo (Gadermaier *et al.* 2012 ; Hartmann *et al.* 2015). En su estudio de los suelos del viñedo, Burns *et al.* (2016) han constatado que la diversidad microbiana y la estructura de sus comunidades no fueron afectadas por el sistema de manejo *per se* (biodinámica versus biológico versus convencional), sino por aspectos de manejo específicos, y en particular por las cubiertas vegetales.

Teniendo en cuenta las diferencias encontradas entre sistemas de manejo en comparaciones realizadas en diferentes estudios, el efecto de la agricultura biodinámica sobre las propiedades del suelo debe considerarse ante todo un efecto complejo del sistema en su conjunto. El efecto más fuerte en el sistema es causado por la aplicación de estiércol animal, generalmente en forma de compost, independientemente del sistema agrícola.

Los resultados de los experimentos de campo a largo plazo de Darmstadt y Frick proporcionan evidencia del efecto de los preparados biodinámicos sobre las propiedades y procesos biológicos del suelo, indicando la necesidad de continuar la investigación en este campo. En la búsqueda de una explicación de los efectos de los preparados, Giannattasio *et al.* (2013) plantearon que el material y las propiedades microbianas del preparado de estiércol de cuerno puede afectar a los efectos regulatorios de las auxinas sobre los procesos del suelo. Radha y Rao (2014) consideran además que las poblaciones de bacterias y hongos de los preparados biodinámicos pueden aumentar la disponibilidad del fósforo en las plantas.

El suelo, y la fertilidad del suelo en particular, siempre ha recibido mucha atención en la agricultura ecológica. Como se indica en la introducción, el manejo del suelo en la agricultura biodinámica tiene como objetivo crear un saludable "órgano del suelo" en el organismo finca. Hasta ahora, la mayoría de los estudios sobre los efectos del manejo en suelos agrícolas, no sólo en agricultura biodinámica, se ha centrado en el impacto sobre las propiedades del suelo, pero no sobre la ejecución de las funciones del suelo o los servicios ecológicos.

5.3. Preparados biodinámicos

Los preparados biodinámicos son un elemento importante del enfoque biodinámico y una característica

clave que diferencia el enfoque biodinámico del enfoque biológico. Sharma *et al.* (2012) han constatado que la cantidad de semillas de comino (*Cuminum cyminum*) aumentaba significativamente en más del 30% por la aplicación de estiércol en cuerno² y de sílice en cuerno³ para dos variantes de fertilización. En una prueba en Vietnam, la producción de dos variedades diferentes de soja (*Glycine max*) aumentó el 30% gracias a la aplicación de preparados biodinámicos con respecto al control sin preparados (Tung y Fernandez 2007). Ni el testigo ni la variante tratada habían sido fertilizados. La producción de dos variedades de arroz (*Oryza sativa*) aumentó igualmente el 15% y el 20% gracias a la aplicación de los preparados biodinámicos, sin fertilización (Valdez y Fernandez 2008). Valdez y Fernandez (2008) han mostrado en el mismo estudio que la longitud de las raíces, el peso de las raíces, el peso de los brotes jóvenes así como el fósforo disponible han aumentado (+ 20%) después de la recolección gracias a la aplicación de los preparados biodinámicos con respecto a las plantas no tratadas. La aplicación de sílice en cuerno ha aumentado un 27% la producción de la judía mungo (*Vigna mungo*) cultivada en condiciones biológicas sin fertilización con respecto al tratamiento sin sílice de cuerno (Trivedi *et al.* 2013). La actividad neta fotosintética de tres variedades de calabaza (*Cucurbita pepo*) y de dos variedades de patata sobre tres (*Solanum tuberosum*) ha aumentado considerablemente gracias al tratamiento de estiércol en cuerno y de sílice de cuerno (Juknevičienė 2015, Vaitkevičienė 2016). La calidad de las semillas de judías enanas (*Phaseolus vulgaris*) ha mejorado durante los test de germinación por aplicación de sílice en cuerno sobre las plantas madres (Fritz *et al.* 2005).

Ninguna diferencia significativa en producción se ha constatado para la lechuga (*Lactuca sativa*) tras la aplicación de los preparados del compost y las pulverizaciones de campo en tres variantes de fertilización (Bacchus 2010). Asimismo, Jayasree y George (2006) no han encontrado ningún efecto significativo sobre el desarrollo de plantas de pimiento de Chile (*Capsicum annum*) tras la aplicación de los preparados biodinámicos.

La actividad de la deshidrogenasa en el compost ha aumentado de manera significativa por la aplicación de los preparados del compost (Reeve *et al.* 2010). La capacidad germinativa de la romaza de hoja ancha (*Rumex obtusifolius*) disminuye claramente hasta el 18% en el compost tratado con preparados biodinámicos comparado con el compost no tratado donde su capacidad germinativa es del 28% (Zaller 2007). Se ha detectado una cantidad importante de sustancias bioactivas y de estimuladores del crecimiento en la sílice en cuerno por Giannattasio *et al.* (2013) y Spaccini *et al.* (2012). Los cultivos bacterianos que se han identificado en la sílice en cuerno eran productores de auxinas que tienen un efecto estimulador importante del crecimiento en el maíz (*Zea mais*) (Radha y Rao 2014). Jayachandran *et al.* (2016) han analizado la carga microbiana del preparado biodinámico de sílice en cuerno (501) y su actividad contra determinados patógenos del arroz (*Oryza sativa*). *Bacillus spp.*, *Bacillus amyloliquefaciens* y *Bacillus toyonensis* se han identificado como los principales cepas bacterianas. Un fuerte efecto antifúngico se ha detectado en *Bacillus amyloliquefaciens* contra *R. solani* (Jayachandran *et al.* 2016). En el cultivo de la calabaza (*Cucurbita pepo*) y de la patata (*Solanum tuberosum*), la actividad del nitrógeno, del potasio, del fósforo, de la ureasa y de la sacarosa en el suelo ha aumentado de manera significativa durante tres años de prueba con tratamiento de estiércol en cuerno (Juknevičienė 2015 en Juknevičienė *et al.* 2019; Vaitkevičienė 2016 en Vaitkevičienė *et al.* 2019). Otras influencias de los preparados biodinámicos sobre la calidad de los alimentos se describen en la sección siguiente.

5.4. Calidad de los alimentos

Heimler *et al.* (2011) han comparado diferentes sistemas de producción (convencional, biológico y biodinámico) y han constatado que el contenido más alto en polifenoles se encontraba en la lechuga Batavia (*Lactuca sativa* var. *capitata*) cultivada en condiciones biodinámicas. Los polifenoles son compuestos secundarios deseados en los alimentos que mejoran su valor nutricional. La remolacha roja

2 N. de T.: Preparado biodinámico 500 o de estiércol en cuerno.

3 N. de T.: Preparado biodinámico 501 o de sílice en cuerno.

biodinámica (*Beta vulgaris*) presentaba igualmente el contenido total en fenoles más alto, seguida por las remolachas rojas cultivadas en condiciones biológicas, y la cantidad más baja fue la de las remolachas rojas convencionales (Bavec *et al.* 2010). Por el contrario, el contenido total más alto en fenoles se ha constatado para los mangos biológicos (*Mangifera indica*) y no para los mangos biodinámicos o convencionales (Maciel *et al.* 2011). La concentración en compuestos fenólicos totales y la actividad antioxidante (DPPH) han aumentado de manera significativa en las patatas (*Solanum tuberosum*) de los cultivares Red Emmalie y Blue Congo tras la aplicación del preparado biodinámico de sílice en cuerno (Jarienè *et al.* 2017). El contenido total en antocianinas y fenoles ha aumentado en las patatas de carne coloreada (*Solanum tuberosum*) gracias a la aplicación combinada de estiércol en cuerno y de sílice en cuerno (Jarienè *et al.* 2015). Ninguna diferencia en el contenido polifenólico de los diferentes sistemas de producción se ha constatado para la achicoria (*Cichorium intybus*) (Heimler *et al.* 2009). Las diferencias de calidad nutricional y de contenido en ácido fenólico de los tomates (*Solanum lycopersicum*) eran más bien debidas al año de producción que al sistema de cultivo (convencional, biológico y biodinámico) (D'Evoli *et al.* 2016). Masi *et al.* (2017) han podido diferenciar el contenido en polifenoles de las manzanas biodinámicas y convencionales (*Malus domestica* var. *Golden Delicious*) pero no ha sido posible diferenciar las muestras en cuanto a los compuestos volátiles. Tres variedades de calabazas (*Cucurbita pepo*) tenían contenidos en antioxidantes claramente más altas en licopeno, luteína y zeaxantina con un tratamiento de estiércol en cuerno y de sílice en cuerno en tres años de experimentos (Juknevičienė 2015).

Heimler *et al.* (2009, 2011) han mostrado que la achicoria biodinámica (*Cichorium intybus*) y la lechuga Batavia (*Lactuca sativa* var. *capitata*) tienen una actividad antioxidante más alta que las mismas variedades obtenidas de sistemas agrícolas convencionales y biológicos. Las remolachas rojas biodinámicas (*Beta vulgaris*, Bavec *et al.* 2010), las fresas biodinámicas (*Fragaria spp.*, D'Evoli *et al.* 2010) así como los mangos verdes y maduros cultivados en biodinámica (*Mangifera indica*, Maciel *et al.* 2011) tenían todas una actividad antioxidante significativamente más alta que estos mismos productos obtenidos de sistemas agrícolas convencionales y biológicos.

La col biodinámica (*Brassica oleracea*) contenía más ácido ascórbico que la col biológica o convencional (Bavec *et al.* 2012). El mismo fenómeno se ha constatado para las fresas (*Fragaria spp.*, D'Evoli *et al.* 2010). Las remolachas rojas (*Beta vulgaris*) obtenidas de un sistema de producción biodinámica presentaban un contenido en azúcar más alto que las remolachas rojas obtenidas de un sistema de producción biológica, integrado o convencional (Bavec *et al.* 2010). Además, Vaitkevičienė *et al.* (2016) han constatado que el contenido en almidón de las patatas de carne coloreada (*Solanum tuberosum*) aumentaba de manera significativa gracias a la aplicación combinada de estiércol en cuerno y de sílice en cuerno.

Ninguna diferencia relacionada con el sistema de la producción se ha observado por Langenkämper *et al.* (2006) que han analizado el valor nutricional del trigo (*Triticum aestivum*). Rangel *et al.* (2011) han estudiado la composición nutricional del zumo de lima (*Citrus latifolia*) y no han detectado igualmente ninguna diferencia relacionada con el sistema de producción. No obstante, Lucarini *et al.* (2012) han analizado el contenido en nitratos de la lechuga biológica y biodinámica (*Lactuca sativa*) y de la achicoria roja (*Cichorium intybus*) y han concluido que la variante biodinámica presentaba el contenido más bajo en nitratos.

Las patatas (*Solanum tuberosum*) de cultivo biodinámico comparadas con otras de cultivo convencional tuvieron mejor relación con indicadores como los índices de calidad, el contenido de materia seca, la calidad del sabor, la proporción relativa de proteína pura y el valor en test de cristalización sensible (Kjellenberg y Granstedt 2015). El trigo (*Triticum aestivum*) de diferentes sistemas de fertilización en el experimento de campo a largo plazo DOC pudieron ser diferenciados y clasificados mediante test de cristalizaciones sensibles. Las indicaciones de degeneración por envejecimiento en las estructuras de la imagen estudiada aumentaban respectivamente desde las muestras procedentes del cultivo

biodinámico al ecológico y finalmente el convencional (Fritz *et al.* 2011).

En su comparación sobre la leche procedente de diferentes sistemas de manejo, Kusché *et al.* (2015) observaron una mayor proporción de ácidos grasos nutricionalmente valiosos en la leche procedente del sistema biodinámico. Además, fue probado en una serie de pruebas de provocación codificadas que la leche cruda biodinámica tiene una mejor compatibilidad para niños con intolerancias alimentarias en comparación con la leche pasteurizada y homogeneizada de la producción convencional (Kusché 2015 en Abbring *et al.* 2019). El consumo de productos lácteos elaborados biodinámicamente conduce a una mayor calidad de la grasa de la leche materna en comparación con la leche materna de mujeres que consumieron productos lácteos ecológicos o convencionales (Simões-Wüst *et al.* 2011). Los bebés recién nacidos cuyas madres consumían principalmente productos lácteos fabricados biodinámicamente tenían un riesgo menor de contraer eccema (Thijs *et al.* 2011).

5.5 Enología y viticultura

La investigación en el campo de la enología y de la viticultura biodinámica ha ganado importancia estos últimos años. Una revisión de la literatura realizada por Castellini *et al.* (2017) describe el sector vitícola biodinámico. Presenta la definición y la reglamentación de la producción de vino biodinámico así como el mercado mundial del vino biodinámico. Un experimento en campo a largo plazo en Geisenheim, en Alemania, compara el manejo integrado, biológico y biodinámico de los viñedos así como la vinificación. La producción biodinámica se ha traducido en un rendimiento más bajo, un crecimiento menos vigoroso, un menor peso de poda, un menor peso de racimo de uva, racimos menos compactos y una menor presencia de ácido acético, comparado con la producción integrada (Döring *et al.* 2015; Meissner 2015 en un artículo de Meissner *et al.* 2019). La biológica se ubicaba entre los métodos biodinámicos y convencionales para la mayoría de los parámetros. Por consiguiente, los tres métodos de cultivo se han podido diferenciar claramente mediante el uso de un análisis de componentes principales (Meissner *et al.* 2019). El cultivo biodinámico y el biológico solo diferían por la aplicación de los preparados. Döring *et al.* (2015) han encontrado igualmente menos *Botrytis* en la producción biodinámica. No se ha detectado ninguna diferencia significativa de las comunidades bacterianas y fúngicas en las diferentes parcelas del experimento a largo plazo, excepto una mayor abundancia de *Pseudomonas spp.* y *Alternaria alternata* en las uvas biodinámicas comparado con las uvas convencionales (Kecskeméti *et al.* 2016). Meissner (2015 en Meissner *et al.* 2019) ha detectado más lombrices de tierra en las parcelas que han sido cultivadas en biodinámica comparado con las parcelas cultivadas en biológico y en convencional.

La calidad del zumo de uva y del vino de la prueba de Geisenheim se ha examinado con la ayuda de los métodos morfogenéticos. Desde el primero año de conversión ya era visible una diferenciación entre el zumo de uva procedente de los sistemas de producción integrada, biológico y biodinámico (Fritz *et al.* 2017). La asignación de las muestras de zumo de uva (2006-2010) con la ayuda de los métodos morfogenéticos ha sido significativa para todos los años (Meissner 2015 en Fritz *et al.* 2019, 2017). Las muestras procedentes del tratamiento biodinámico han mostrado un mejor estado fisiológico que las que provenían del tratamiento biológico, indicado por la secuencia de envejecimiento. Las muestras procedentes del tratamiento integrado han mostrado el envejecimiento más rápido y la degeneración correspondiente. Botelho *et al.* (2016) no han encontrado ninguna diferencia entre el método biológico y el método biodinámico cuando han examinado la producción de uva y los índices de enfermedad, pero los compuestos de defensa natural de las uvas biodinámicas parecían estar estimulados. Guzzon *et al.* (2016) concluyen que los sistemas de producción biodinámicos han tenido un efecto positivo sobre el desarrollo de la microbiota en los años en lo que las condiciones climáticas eran difíciles comparado con la producción convencional. Los patrones fúngicos en el viñedo han sido influidos de manera significativa por los sistemas de producción, a saber convencional y biodinámico, en el viñedo. No obstante, no se ha constatado ninguna diferencia en los patrones fúngicos de las uvas recolectadas (Morrison-Whittle *et al.* 2017). La microbiota de las levaduras del vino tinto Sangiovese biológico y biodinámico variaba independientemente del sistema de producción (Patrignani *et al.* 2016).

Kokornaczyk *et al.* (2014) han podido diferenciar el vino biológico del vino biodinámico utilizando el método de evaporación de las gotitas y teniendo en cuenta factores de forma. En este método, se estudian las estructuras de las gotas secadas, obtenidas de la sustancia vegetal. Varios estudios tratan sobre las sustancias químicas presentes en el vino. Algunos no han encontrado ninguna diferencia de composición química entre el vino biológico y el vino convencional (Tassoni *et al.* 2013; Plahuta y Raspor 2007), mientras que otros han podido diferenciar el vino de los sistemas de producción biológica y convencional (Yañez *et al.* 2012, Granato *et al.* 2015). Ciertas investigaciones han conseguido distinguir el vino biológico del vino biodinámico en cuanto a sus sustancias químicas (Parpinello *et al.* 2015; Laghi *et al.* 2014; Picone *et al.* 2016). El método de ¹H NMR (una espectroscopía de resonancia magnética nuclear) parece ser un método eficaz para diferenciar el vino de diferentes sistemas de producción (Laghi *et al.* 2014; Picone *et al.* 2016).

Ross *et al.* (2009) han sido capaces de diferenciar los vinos biológicos y biodinámicos medidos por evaluación sensorial. Meissner (2015) ha sido en parte capaz de diferenciar por el análisis sensorial, mientras que Parpinello *et al.* (2015) no han encontrado ninguna diferencia sensorial entre el vino biológico y el vino biodinámico.

5.6. Sostenibilidad

Cinco estudios de nuestra base de datos están relacionados con la sostenibilidad de los sistemas de agricultura biodinámica. Turinek *et al.* (2010) y Bavec *et al.* (2010) han analizado la huella ecológica de diferentes sistemas de producción en una prueba en campo en Eslovenia. Los sistemas biodinámicos y biológicos han mostrado para tres años que presentaban ventajas con respecto a los sistemas convencionales en términos de servicios ambientales y de eficacia ecológica en términos de utilización de la energía y de impacto climático. En la República Checa, se ha demostrado una mayor eficacia en el uso de los recursos en las granjas biodinámicas y biológicas con respecto a las granjas convencionales.

Se ha constatado también una mayor eficacia para las granjas biológicas (Pechrová y Vlašicová 2013). En Italia, según la evaluación del ciclo de vida y el análisis energético en los campos de albaricoques integrados y biodinámicos, la producción biodinámica ha tenido un menor impacto ambiental y una menor demanda energética (Pergola *et al.* 2016). Villanueva-Rey *et al.* (2014) han examinado la influencia de los sistemas de producción de la viticultura sobre el medio ambiente. Esta evaluación del ciclo de vida en España ha indicado un menor impacto ambiental para la producción biodinámica con respecto a la viticultura convencional.

5.7. Desarrollo de la agricultura biodinámica

En total, cuatro artículos sobre el desarrollo de la agricultura biodinámica han sido publicados por Paull (2011a, 2011b, 2011c, 2014). Estos documentos constituyen excelentes referencias sobre los conceptos y el desarrollo de este sistema agrícola.

La motivación de los agricultores para convertirse a la agricultura biodinámica ha sido estudiada por Pechrová (2014).

5.8. Producción de cultivos en biodinámica

Cinco artículos de nuestra base de datos tratan cuestiones relativas a la producción de cultivos en biodinámica. Tres estudios han comparado la producción y la calidad de las plantas en sistemas de cultivo biodinámicos y no biodinámicos. Los resultados son bastante heterogéneos: mientras que Nabie *et al.* (2017) han señalado un aumento significativo de las producciones y de las características nutricionales en biodinámica con respecto a las verduras cultivadas en biológico y en convencional, en un estudio realizado en India, Jakop *et al.* (2017) han constatado que las producciones en calabazas de

aceite (*Cucurbita pepo*) en biodinámica eran muy similares a los de la producción convencional. Maneva *et al.* (2017) han comparado la salud de las plantas y las producciones de trigo kamut (*Triticum turgidum polonicum*) cultivado de manera biológica con respecto al cultivado de manera biodinámica y han observado producciones significativamente más altas en el tratamiento biodinámico, aunque no se ha observado ninguna diferencia en los parámetros fitosanitarios.

Dos artículos tratan sobre técnicas de manejo en la agricultura biodinámica. Dudaš *et al.* (2016) han analizado la albahaca (*Ocimum basilicum*) que se ha sembrado según el calendario de plantación biodinámica. Poco efecto se ha encontrado sobre el crecimiento y los parámetros de calidad causados por la fecha de siembra según el calendario biodinámico comparados con los del testigo. En otro estudio, no se ha causado ningún efecto sobre la producción de semillas por la aplicación de un método biodinámico de supresión de malas hierbas basado en preparaciones a base de cenizas de adventicias (Kirchoff 2016)

6. Discusión

6.1. Desarrollo de la actividad de las publicaciones científicas sobre la alimentación y la agricultura biodinámica

Las actividades de investigación sobre la alimentación y la agricultura biodinámicas son desde hace mucho tiempo prioritarias en el seno del movimiento biodinámico, con el fin de sostener directamente el desarrollo del sector. Los investigadores utilizan preferentemente revistas científicas especializadas y otros medios de comunicación bien establecidos en el seno de la comunidad biodinámica. La base de datos on-line Biodynamic-research.net comprende más de 600 publicaciones del periodo entre 1924 y 2009, pero menos de cien de ellas han sido publicadas en revistas científicas con revisión por pares.

El número creciente de artículos en las revistas científicas indica un interés creciente de los investigadores en la alimentación y la agricultura biodinámica, con vistas a presentar sus resultados a la comunidad científica.

A día de hoy, las publicaciones con revisión de pares sobre la alimentación y la agricultura biodinámicas cubren los temas del manejo y la salud de los suelos, de los efectos de los preparados biodinámicos, de la calidad de los alimentos, y de la enología y la viticultura. Igualmente está disponible un pequeño número de publicaciones sobre los temas de la evaluación de la sostenibilidad y del desarrollo sectorial. Pero a día de hoy, un solo estudio se ha publicado sobre el "organismo finca", aunque este término se utiliza a menudo como imagen para ilustrar la interconexión de los elementos de un sistema agrícola, más allá incluso de la agricultura biodinámica. En su estudio, Bloksma y Struik (2007) exploran sobre una base teórica la idoneidad de utilizar el ser humano como modelo para la concepción de sistemas agrícolas. Los autores intentan aplicar el concepto de salud humana y de diagnóstico de las ciencias físicas/médicas en la evaluación de las fincas, y concluyen que el estudio del organismo finca tiene que tener en cuenta los aspectos físicos, socioculturales y mentales.

Y, aunque los animales son un aspecto esencial del enfoque biodinámico, no ha aparecido en nuestro estudio ningún artículo que tenga como objeto de evaluación por pares este campo de investigación. De hecho, hay numerosas investigaciones sobre los aspectos relacionados con los animales que presentan igualmente un gran interés en cuanto a la agricultura biodinámica (por ejemplo, Ebinghaus *et al.* 2017; Ivemeyer *et al.* 2011; Ivemeyer *et al.* 2014; Probst *et al.* 2012; Spengler Neff e Ivemeyer 2016). No obstante, hemos constatado que estos artículos no consideran generalmente el manejo biodinámico como un factor en el diseño experimental o la concepción del estudio, probablemente porque el manejo biodinámico de animales no tiene características únicas específicas como lo tiene la producción de cultivos. Además, aunque hoy en día estén disponibles más de 25 variedades de cereales seleccionadas biodinámicamente (cf. Meischner y Geier 2013), así como más de 100 variedades de hortalizas (cf. Kultursaat 2018), ningún artículo científico se ha publicado a día de

hoy sobre la selección y las variedades biodinámicas.

6.2. Efectos del manejo biodinámico

En cuanto a la salud de los suelos, ocho estudios de diez dejan constancia de un efecto sistémico positivo del manejo biodinámico sobre los niveles de materia orgánica de los suelos y los parámetros biológicos. Este efecto es debido principalmente a la fertilización orgánica, y se podría adelantar que el efecto sobre las propiedades del suelo no está por tanto ligado a la agricultura biodinámica, porque podría igualmente ser obtenido en sistemas no biodinámicos. Aunque eso es cierto en principio, la situación refleja la práctica agrícola real, donde el manejo biodinámico por sus elementos característicos conduce al efecto descrito aquí arriba, cuando se relaciona con el manejo no biodinámico típico de hoy en día. No obstante, los estudios sobre el ensayo en campo a largo plazo de Darmstadt (Faust *et al.* 2017; Joergensen *et al.* 2009; Sradnick *et al.* 2018), así como otros estudios publicados antes del periodo de nuestra revisión (por ejemplo Zaller y Koepke 2004) indican que puede haber igualmente un impacto de los preparados biodinámicos sobre las propiedades de los suelos. Efectos sistémicos positivos del manejo biodinámico se han observado igualmente en estudios sobre las cuestiones de la sostenibilidad.

Además, este documento presenta 15 estudios científicos directamente enfocados en los efectos de los preparados biodinámicos, entre 2005 y 2017. En 13 de estos estudios, se han producido reacciones significativas del suelo o de las plantas después de la aplicación de los preparados biodinámicos. Sólo dos estudios no han constatado ninguna reacción significativa del suelo o de las plantas. Estos resultados muestran que los preparados biodinámicos tienen un efecto significativo. Las conclusiones de Chalker-Scott (2013) según las cuales no se ha determinado ningún efecto significativo claro de los preparados biodinámicos (los efectos significativos que se han producido han sido interpretados como aleatorios) no han sido confirmadas en esta revisión de la literatura científica.

Desde el comienzo, el manejo biodinámico siempre ha apuntado a una alta calidad alimentaria. De hecho, los efectos positivos significativos de la biodinámica sobre la calidad de los alimentos se han señalado en 17 de los estudios mencionados en esta revisión. Sólo 4 estudios no han constatado ninguna diferencia. Los efectos sobre la calidad de los alimentos no eran sólo efectos debidos a los sistemas de producción, sino que han sido inducidos por la aplicación de los preparados biodinámicos en varios casos.

La viticultura y la vinificación se han convertido en asuntos importantes de la investigación biodinámica debido al éxito del enfoque biodinámico en estos campos. El impacto positivo del manejo biodinámico es reconocido ampliamente por los elaboradores de vino. De hecho, se han señalado diferencias entre el manejo biodinámico y no biodinámico sobre los sistemas vitícolas y la calidad de la uva en 13 de los 17 estudios revisados.

6.3. Investigando sobre la alimentación y la agricultura biodinámica

Los estudios incluidos en esta revisión aplican generalmente métodos de análisis clásicos obtenidos de las ciencias naturales y de la vida para analizar la alimentación y la agricultura biodinámicas. Además, siguen a menudo un enfoque reduccionista, donde el efecto de los tratamientos se examina sobre variables objetivo específicas. Sin embargo, la agricultura biodinámica misma adopta una perspectiva holística y transdisciplinar, buscando efectos sobre el conjunto del organismo, que pueden no estar directamente correlacionados con los efectos que se observan sobre parámetros individuales.

Aunque se hayan desarrollado diferentes métodos de investigación científica por el movimiento biodinámico (ver la sección 3), no se utilizan más que de una manera limitada en los estudios científicos recogidos aquí. En las secciones dedicadas a los suelos y a los preparados biodinámicos, no hay ningún estudio que incluya métodos holísticos. En la parte sobre la calidad de los alimentos, dos

estudios (sobre 21) aplican métodos morfogénéticos (Fritz *et al.* 2011; Kjellenberg and Gransted 2015). Entre los estudios sobre la enología y la viticultura, 2 de 19 utilizan tales métodos, a saber Kokornaczyk *et al.* (2014) con el método de las gotitas y Fritz *et al.* (2017) con las cristalizaciones sensibles.

Otro enfoque para una evaluación holística de los efectos en la alimentación y la agricultura biodinámicas podría adoptarse desarrollando un marco conceptual que combine métodos de análisis ya reconocidos pero dentro de un diseño de estudio transdisciplinar apropiado. Por ejemplo, la evaluación del impacto del manejo agrícola sobre la calidad de los alimentos no se basaría únicamente en la composición química de un cultivo, sino que podría incluir en un solo estudio la cadena completa de los efectos, desde la producción del cultivo hasta el impacto sobre la salud y el bienestar del ser humano.

7. Conclusiones

El número de estudios revisados por pares en el campo de la alimentación y de la agricultura biodinámicas aumenta progresivamente. Estos estudios proporcionan pruebas substanciales de los efectos del manejo biodinámico sobre las agroecosistemas y la calidad de los alimentos: los efectos sobre los suelos son generalmente efectos sistémicos propios del manejo biodinámico, donde la aplicación de compost juega un papel crucial. Los preparados biodinámicos producen efectos medibles sobre la composición química y la calidad de los alimentos. Además, el manejo biodinámico en su conjunto, y la aplicación de preparados biodinámicos en particular, causa una diferenciación entre los viñedos biodinámicos y no biodinámicos.

A día de hoy, los efectos del manejo biodinámico se estudian generalmente según enfoques reduccionistas clásicos en ciencias naturales y de la vida, y utilizan diseños de estudio monodisciplinarios y reduccionistas. La puesta en marcha de protocolos de estudio o de métodos específicos para un análisis más holístico es raro. Consideramos el desarrollo de métodos y de protocolos de estudio apropiados para un análisis holístico como un reto muy importante para la futura investigación en el campo de la alimentación y de la agricultura biodinámicas.

Agradecimientos: Los autores agradecen a Julia Wright, de la Universidad de Coventry (Reino Unido), por sus útiles comentarios, así como por la revisión lingüística del manuscrito. Igualmente tenemos que agradecer a los revisores anónimos por sus útiles comentarios sobre nuestro manuscrito.

Conflicto de interés: Los autores no declaran ningún conflicto de intereses.

8 Referencias

- Abbring S., Kusche D., Ross T.C., Diks M.A.P., Hols G., Garssen J., Baars T., Esch B., Milk processing increases the allergenicity of cow's milk—Preclinical evidence supported by a human proof-of-concept provocation pilot, *Clinical & Experimental Allergy*, 2019, 49(7), 1013-1025, <https://doi.org/10.1111/cea.13399>
- Bacchus G.L., An Evaluation of the Influence of Biodynamic Practices Including Foliar-Applied Silica Spray on Nutrient Quality of Organic and Conventionally Fertilised Lettuce (*Lactuca Sativa L.*), *Journal of Organic Systems*, 2010, 5, 4-13
- Bavec M., Turinek M., Grobelnik-Mlakar S., Mikola N., Bavec F, Some Internal Quality Properties of White Cabbage from Different Farming Systems, *Acta Hort.*, 2012, 933, 577-583
- Bavec M., Turinek M., Grobelnik-Mlakar S., Slatnar A., Bavec F, Influence of Industrial and Alternative Farming Systems on Contents of Sugars, Organic Acids, Total Phenolic Content, and the Antioxidant Activity of Red Beet (*Beta Vulgaris L. Ssp. Vulgaris Rote Kugel*), *J. Agric. Food Chem.*, 2010, 58, 11825-11831
- Berner A., Hildermann I., Fliessbach A., Pfiffner L., Niggli U., Mäder P., Crop yield and soil fertility response to reduced tillage under organic management, *Soil Till. Res.*, 2008, 101, 89-96
- Birkhofer K., Bezemer T.M., Bloem J., Bonkowski M., Christensen S., Dubois D., *et al.*, Long-Term Organic Farming Fosters below and Aboveground Biota: Implications for Soil Quality, Biological Control and Productivity, *Soil Biol. Biochem.*,

2008, 40, 2297-2308

- Bloksma J.R., Struik P.C., Coaching the process of designing a farm: using the healthy human as a metaphor for farm health, *NJAS*, 2007, 54, 413-429
- Botelho R.V., Roberti R., Tessarin P., Garcia-Mina J.-M., Rombolà A.D., Physiological Responses of Grapevines to Biodynamic Management, *Renewable Agric. Food Syst.*, 2016, 31, 402-413
- Burkitt L.L., Small D.R., McDonald J.W., Wales W.J., Jenkin M.L., Comparing Irrigated Biodynamic and Conventionally Managed Dairy Farms. 1 Soil and Pasture Properties, *Aust. J. Exp. Agr.*, 2007, 47, 479-88
- Burns K.N., Bokulich N.A., Cantu D., Greenhut R.F., Kluepfel D.A., O'Geen A.T., *et al.*, Vineyard soil bacterial diversity and composition revealed by 16S rRNA genes: Differentiation by vineyard management, *Soil Biol. Biochem.*, 2016, 103, 337-348
- Busscher N., Kahl J., Andersen J.-O., Huber M., Mergardt G., Doesburg P., *et al.*, Standardization of the Biocrystallization Method for Carrot Samples, *Biol. Agric. Hortic.*, 2010, 27, 1-23
- Castellini A., Mauracher C., Troiano S., An Overview of the Biodynamic Wine Sector, *J. Wine Res.*, 2017, 9, 1-11
- Chalker-Scott L., The Science behind Biodynamic Preparations: A Literature Review, *HortTechnology*, 2013, 23, 814-819
- D'Evoli L., Lucarini M., Sánchez del Pulgar J., Aguzzi A., Gabrielli P., Gambelli L., Lombardi-Boccia G., Phenolic Acids Content and Nutritional Quality of Conventional, Organic and Biodynamic Cultivations of the Tomato CXD271BIO Breeding Line (*Solanum Lycopersicum L.*), *Food and Nutrition Sciences*, 2016, 7, 1112-21
- D'Evoli L., Tarozzi A., Hrelia P., Lucarini M., Cocchiola M., Gabrielli P., *et al.*, Influence of Cultivation System on Bioactive Molecules Synthesis in Strawberries: Spin-off on Antioxidant and Antiproliferative Activity, *J. Food Sci.*, 2010, 75, 94-99
- Döring J., Frisch M., Tittmann S., Stoll M., Kauer R., Growth, Yield and Fruit Quality of Grapevines under Organic and Biodynamic Management, *Plos One*, 2015, 10, 1-28
- Doesburg P., Huber M., Andersen J.-O., Athmann M., Bie G., Fritz J., *et al.*, Standardization and performance of a visual Gestalt evaluation of biocrystallization patterns reflecting ripening and decomposition processes in food samples, *Biol. Agric. Hortic.*, 2015, 31, 128-145
- Dudaš S., Poljuha D., Šola I., Šegula S., Varga S., Sladonja B., Effects of Biodynamic Production on Growth and Essential Oil Content in Basil, *Acta Bot. Croat.*, 2016, 75, 260-265
- Ebinghaus A., Ivemeyer S., Lauks V., Santos L., Brügemann K., König S., Knierim U., How to measure dairy cows' responsiveness towards humans in breeding and welfare assessment? A comparison of selected behavioural measures and existing breeding traits, *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 2017, 196, 22-29
- Fageria N., Role of Soil Organic Matter in Maintaining Sustainability of Cropping Systems, *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 2012, 43, 2063-2113
- Faust S., Heinze S., Ngosong C., Sradnick A., Oltmanns M., Raupp J., *et al.*, Effect of Biodynamic Soil Amendments on Microbial Communities in Comparison with Inorganic Fertilization, *Appl. Soil Ecol.*, 2017, 114, 82-89
- Fließbach A., Oberholzer H.-R., Gunst L., Mäder P., Soil Organic Matter and Biological Soil Quality Indicators after 21 Years of Organic and Conventional Farming, *Agric. Ecosys. Environ.*, 2007, 118, 273-284
- Fonseca Maciel L., da Silva Oliveira C., da Silva Bispo E., da P. Spinola Miranda M., Antioxidant Activity, Total Phenolic Compounds and Flavonoids of Mangoes Coming from Biodynamic, Organic and Conventional Cultivations in Three Maturation Stages, *Brit. Food J.*, 2011, 113, 1103-1113
- Fritz J., Köpke U., Einfluss von Licht, Düngung und biologisch-dynamischem Spritzpräparat Hornkiesel bei Buschbohne (*Phaseolus vulgaris L. var. nanus*) auf die Keimeigenschaften der neu gebildeten Samen [Influence of light, fertilization and bio-dynamic spray preparation horned silica in bush beans (*Phaseolus vulgaris L. var. nanus*) on the germination properties of newly formed seeds], *Pflanzenbauwissenschaften*, 2005, 9 (2), 55-60
- Fritz J., Athmann M., Kautz T., Köpke U., Grouping and Classification of Wheat from Organic and Conventional Production Systems by Combining Three Image Forming Methods, *Biol. Agric. Hortic.*, 2011, 27, 320-336
- Fritz J., Athmann M., Meissner G., Kauer R., Quality Characterisation via Image Forming Methods Differentiates Grape Juice Produced from Integrated, Organic or Biodynamic Vineyards in the First Year after Conversion, *Biol. Agric. Hortic.*, 2017, 33, 195-213
- Fritz J., Athmann M., Andersen J.-O., Doesburg P., Geier U., Mergardt G., Advanced panel training on visual Gestalt evaluation of biocrystallization images: ranking wheat samples from different extract decomposition stages and different production systems, *Biol. Agric. Hortic.*, 2018, DOI: 10.1080/01448765.2018.1492457
- Fritz J., Athmann M., Meissner G., Kauer R., Schultz H.R., Quality assessment of grape juice from integrates, organic and biodynamic viticulture using image forming methods, 2019, *Oeno One*, submitted
- Gadermeier F., Berner A., Fließbach A., Friedel J.K., Mäder P., Impact of reduced tillage on soil organic carbon and nutrient budgets under organic farming, *Renewable Agric. Food Syst.*, 2012, 27, 68-80
- Geier U., Büssing A., Kruse P., Greiner R., Buchecker K., Development and Application of a Test for Food-Induced Emotions, *PlosOne*, 2016, DOI:10.1371/journal.pone.0165991

- Giannattasio M., Vendramin E., Fornasier F., Alberghini S., Zanardo M., Stellin F., *et al.*, Microbiological Features and Bioactivity of a Fermented Manure Product (Preparation 500) Used in Biodynamic Agriculture, *J. Microbiol. Biotechnol.*, 2013, 23, 644-651
- Goetzke B., Nitzko S., Spiller A., Consumption of organic and functional food. A matter of well-being and health?, *Appetite*, 2014, 77, 96-105
- Granato D., Margraf T., Brotzakis I., Capuano E., van Ruth S.M., Characterization of Conventional, Biodynamic, and Organic Purple Grape Juices by Chemical Markers, Antioxidant Capacity, and Instrumental Taste Profile, *J. Food Sci.*, 2015, 80, 55-65
- Guzzon R., Gugole S., Zanzotti R., Malacarne M., Larcher R., von Wallbrunn C., Mescalchin E., Evaluation of the Oenological Suitability of Grapes Grown Using Biodynamic Agriculture: The Case of a Bad Vintage, *J. Appl. Microbiol.*, 2016, 120, 355-365
- Hartmann M., Frey B., Mayer J., Mäder P., Widmer F., Distinct soil microbial diversity under long-term organic and conventional farming, *ISME J.*, 2015, 9, 1174-1197
- Heger T.J., Straub F., Mitchell E., Impact of Farming Practices on Soil Diatoms and Testate Amoebae: A Pilot Study in the DOK-Trial at Therwil, Switzerland, *Eur. J. Soil Biol.*, 2012, 49, 31-36
- Heimler D., Isolani L., Vignolini P., Romani A., Polyphenol Content and Antiradical Activity of Cichorium Intybus L. from Biodynamic and Conventional Farming, *Food Chem.*, 2009, 114, 765-770
- Heimler D., Vignolini P., Arfaioli P., Isolani L., Romani A., Conventional, Organic and Biodynamic Farming: Differences in Polyphenol Content and Antioxidant Activity of Batavia Lettuce, *J. Sci. Food Agric.*, 2011, 92, 551-556
- Heitkamp F., Raupp J., Ludwig B., Soil Organic Matter Pools and Crop Yields as Affected by the Rate of Farmyard Manure and Use of Biodynamic Preparations in a Sandy Soil, *Org. Agr.*, 2011, 1, 111-124
- Ivemeyer S., Knierim U., Waiblinger S., Effect of human-animal relationship and management on udder health in Swiss dairy herds, *J. Dairy Sci.*, 2011, 94, 5890-5902
- Ivemeyer S., Walkenhorst M., Holinger M., Maeschli A., Klocke P., Spengler Neff A., *et al.*, Changes in herd health, fertility and production under roughage based feeding conditions with reduced concentrate input in Swiss organic dairy herds, *Livest. Sci.*, 2014, 168, 159-167
- Jaffuel G., Mäder P., Blanco-Perez R., Chiriboga X., Fliessbach A., Turlings T.C.J., Campos-Herrera R., Prevalence and Activity of Entomopathogenic Nematodes and Their Antagonists in Soils That Are Subject to Different Agricultural Practices, *Agric. Ecosys. Environ.*, 2016, 230, 329-340
- Jakop M., Grobelnik Mlakar S., Bavec M., Robačar, Vukmanič T, Liseč U, Bavec F, Yield performance and agronomic efficiency in oil pumpkins (*Cucurbita pepo* L. group *Pepo*) depending on production systems and varieties, *Agricultura*, 2017, 1-2, 25-36
- Jarienė E., Vaitkevičienė N., Danilčenko H., Rytel E., Gertchen M., Jeznach M., Effect of Biodynamic Preparations on the Phenolic Antioxidants in Potatoes with Coloured-Flesh, *Biol. Agric. Hortic.*, 2017, 33, 172-182
- Jarienė E., Vaitkevičienė N., Danilčenko H., Gajewski M., Chupakhina G., Fedurajev P., Ingold R., Influence of Biodynamic Preparations on the Quality Indices and Antioxidant Compounds Content in the Tubers of Coloured Potatoes (*Solanum Tuberosum* L.), *Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj*, 2015, 43, 392-397
- Jayachandran S., Narayanan U., Selvaraj A., Jayaraman P., Karuppan A., Microbial Characterization and Anti-Microbial Properties of Cowhorn Silica Manure Controlling Rice Pathogens, *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.*, 2016, 5, 186-192
- Jayasree P., George A., Do Biodynamic Practices Influence Yield, Quality, and Economics of Cultivation of Chilli (*Capsicum Annum* L)?, *Journal of Tropical Agriculture*, 2006, 44, 68-70
- Joergensen R.G., Mäder P., Fliessbach A., Long-Term Effects of Organic Farming on Fungal and Bacterial Residues in Relation to Microbial Energy Metabolism, *Biol. Fert. Soils*, 2010, 46, 303-307
- Juknevičienė E., The effect of biodynamic preparations on the properties of soil, yield of great pumpkin (*Cucurbita maxima* D.) fruits and their quality. PhD Thesis, Aleksandras Stulginskis University Lithuania, Kaunas, Lithuania, 2015
- Juknevičienė E., Danilčenko H., Jarienė E., Fritz J., The effect of horn-manure preparation on enzymes activity and nutrient contents in soil as well as great pumpkin yield, *Open Agriculture*, 2019, 4, 452-459, <https://doi.org/10.1515/opag-2019-0044>
- Kahl J., Busscher N., Doesburg P., Mergardt G., Huber M., Ploeger A., 2009 First tests of standardized biocrystallization on milk and milk products, *Eur. Food Res. Technol.*, 2009, 229, 175-178
- Keckskeméti E., Berkelmann-Löhnertz B., Reineke A., Are Epiphytic Microbial Communities in the Carposphere of Ripening Grape Clusters (*Vitis Vinifera* L.) Different between Conventional, Organic, and Biodynamic Grapes?, *PlosOne*, 2016, 11, 1-23
- Kirchoff B.K., Organic Farming An Experimental Test of a Biodynamic Method of Weed Suppression: The Biodynamic Seed Peppers, *Organic Farming*, 2016, 2, 17-20
- Kjellenberg L., Granstedt A., Influences of Biodynamic and Conventional Farming Systems on Quality of Potato (*Solanum Tuberosum* L.) Crops: Results from Multivariate Analyses of Two Long-Term Field Trials in Sweden, *Foods*, 2015, 3,

- Knierim U., Irrgang N., Roth B.A., To be or not to be horned - Consequences in cattle, *Livest. Sci.*, 2015, 179, 29-37
- Kokornaczyk M.O., Parpinello G.P., Versari A., Rombolà A.D., Betti L., Qualitative Discrimination between Organic and Biodynamic Sangiovese Red Wines for Authenticity, *Analytical Methods*, 2014, 6, 7484-7488
- Kokornaczyk M. O., Primavera F., Luneia R., Baumgartner S., Betti L., Analysis of soils by means of Pfeiffer's circular chromatography test and comparison to chemical analysis results, *Biol. Agric. Horitc.*, 2017, 33, 143-157
- Kultursaat. 2018, <https://www.kultursaat.org/zuechtung/sorten.html> Assessed 2018-09-24
- Kusche D., Untersuchungen zu Qualität und Verträglichkeit Ökologischer Milch - Differenzierbarkeit biologisch-dynamischer und konventioneller Milchqualität auf Betriebsebene anhand analytischer Qualitätsparameter und unter Einbezug von Verträglichkeitstests'. PhD Thesis, Kassel University, Witzenhausen, Germany, 2015
- Kusche D., Kuhnt K., Rübesam K., Rohrer C., Nierop A., Jahreis G., Baars T., Fatty Acid Profiles and Antioxidants of Organic and Conventional Milk from Low- and High-Input Systems during Outdoor Period, *J. Sci. Food Agric.*, 2015, 95, 529-539
- Laghi L., Versari A., Marcolini E., Parpinello G.P., Metabonomic Investigation by 1 H-NMR to Discriminate between Red Wines from Organic and Biodynamic Grapes, *Food Nutr. Sci.*, 2014, 5, 52-59
- Langenkämper G., Zörb C., Seifert M., Mäder P., Fretzdorff B., Betsche T., Nutritional Quality of Organic and Conventional Wheat'. *J. Appl. Bot. Food Qual.*, 2006, 80, 150-154
- Lehmann J., Kleber M., The contentious nature of soil organic matter, *Nature*, 2015, 528, 60-68
- Leiber F., Fuchs N., Spieß H., Biodynamic Agriculture Today, In: Kristiansen P., Taji A., Reganold J. (Eds.), *Organic Agriculture – A Global Perspective*, CSIRO Publishing, Collingwood, 2006
- Lucarini M., D'Evoli L., Tufi S., Gabrielli P., Paoletti S., Di Ferdinando S., Lombardi-Boccia G., Influence of Growing System on Nitrate Accumulation in Two Varieties of Lettuce and Red Radicchio of Treviso, *J. Sci. Food Agric.*, 2012, 92, 2796-2799
- Maneva V., Atanasova D., Nedelcheva T., Phytosanitary status and yield of kamut (*Triticum turgidum polonicum* L.) grown in organic and biodynamic farming, *Agricultural Science and Technology*, 2017, 9, 42-44
- Masi E., Taiti C., Vignolini P., William A., Giordani E., Heimler D., Romani A., Mancuso S., Polyphenols and Aromatic Volatile Compounds in Biodynamic and Conventional "Golden Delicious" Apples (*Malus Domestica* Bork.), *Eur. Food Res. Technol.*, 2017, 243, 1519-1531
- Meischner T., Geier U., Sortenbeschreibung für biologisch-dynamisch gezüchtete Getreidesorten. [Description of biodynamically bred cereal grain varieties]. *Forschungsring Schriftenreihe 25, Lebendige Erde*, Darmstadt, 2013
- Meissner G., Untersuchungen zu verschiedenen Bewirtschaftungssystemen im Weinbau unter besonderer Berücksichtigung der Biologisch-Dynamischen Wirtschaftsweise und des Einsatzes der Biologisch-Dynamischen Präparate [Investigations on different cultivation systems in viticulture with special consideration of biodynamic farming and the use of biodynamic preparations], PhD Thesis, University Geisenheim, Geisenheim, 2015
- Meissner G., Athmann M., Fritz J., Kauer R., Stoll M., Schultz H.R., Conversion to organic and biodynamic viticultural practices: impact on soil, grapevine development and grape quality, *OenoOne* 2019, under review
- Morrison-Whittle P., Lee S.A., Goddard M.R., Fungal Communities Are Differentially Affected by Conventional and Biodynamic Agricultural Management Approaches in Vineyard Ecosystems, *Agric. Ecosys. Environ.*, 2017, 246, 306-313
- Nabi A., Narayan S., Afroza B., Mushtaq F., Mufti S., Ummiyah H.M., Magray M.M., Biodynamic farming in vegetables, *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 2017, 6, 212-219
- Parpinello G.P., Rombolà A.D., Simoni M., Versari A., Chemical and Sensory Characterisation of Sangiovese Red Wines: Comparison between Biodynamic and Organic Management, *Food Chem.*, 2016, 167, 145-152
- Parr W.V., Valentin D., Reedman P., Grose C., Green J.A., Expectation or Sensorial Reality? An Empirical Investigation of the Biodynamic Calendar for Wine Drinkers'. *PlosOne*, 2017, 12, 1-18
- Patrignani F., Montanari C., Serrazanetti D., Braschi G., Vernocchi P., Tabanelli G., *et al.*, Characterisation of Yeast Microbiota, Chemical and Sensory Properties of Organic and Biodynamic Sangiovese Red Wines, *Ann. Microbiol.*, 2016, 67, 99-109
- Paull J., Attending the First Organic Agriculture Course: Rudolf Steiner's Agriculture Course at Koberwitz, 1924, *Eur. J. Soc. Sci.*, 2011a, 21, 64-70
- Paull J., Biodynamic Agriculture: The Journey From Koberwitz To The World, 1924-1938, *Journal of Organic Systems*, 2011b, 6, 27-41
- Paull J., The Secrets of Koberwitz : The Diffusion of Rudolf Steiner ' S Agriculture Course and the Founding of Biodynamic Agriculture, *Journal of Social Research & Policy*, 2011c, 2, 51-53
- Paull J., Ernesto Genoni: Australia's pioneer of biodynamic agriculture. *Journal of Organics*, 2014, 1, 57-81
- Pechrová M., Determinants of the Farmers' Conversion to Organic and Biodynamic Agriculture, *Agris on-line Papers in Economics and Informatics*, 2014, VI, 63-71

- Pechrová M., Vlačicová E., Technical Efficiency of Organic and Biodynamic Farms in the Czech Republic, *Agris on-line Papers in Economics and Informatics*, 2013, V, 143-152
- Pergola M., Persiani A., Pastore V., Maria A., Arous A., Celano G., A Comprehensive Life Cycle Assessment (LCA) of Three Apricot Orchard Systems Located in Metapontino Area (Southern Italy), *J. Clean. Prod.*, 2016, 142, 1-13
- Picone G., Trimigno A., Tessarin P., Donnini S., Rombolà A.D., Capozzi F., ¹H NMR Foodomics Reveals That the Biodynamic and the Organic Cultivation Managements Produce Different Grape Berries (*Vitis Vinifera L. Cv. Sangiovese*). *Food Chem.*, 2016, 213, 187-195
- Plahuta P., Raspor P., Comparison of Hazards: Current vs. GMO Wine'. *Food Control*, 2007, 18, 492-502
- Ponzio C., Gangatharan R., Neri D., Organic and Biodynamic Agriculture: A Review in Relation to Sustainability, *International Journal of Plant & Soil Science*, 2013, 2, 95-110
- Probst J.K., Spengler Neff A., Leiber F., Kreuzer M., Hillmann E. Gentle touching in early life reduces avoidance distance and slaughter stress in beef cattle, *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 2012, 139, 42-49
- Radha T. K., Rao D.L.N, Plant Growth Promoting Bacteria from Cow Dung Based Biodynamic Preparations, *Indian Journal of Microbiology*, 2014, 54(4), 413–18
- Rangel C.N., Jaeger de Carvalho L.M., Fernandes Fonseca R.B., Gomes Soares A., Oliveira de Jesus E., Nutritional Value of Organic Acid Lime Juice (*Citrus Latifolia T.*), *Cv. Tahiti, Ciencia E Tecnologia De Alimentos*, 2011, 31, 918-922
- Raupp J., Oltmanns M., Soil properties, crop yield and quality with farmyard manure with and without biodynamic preparations and with inorganic fertilizers, In: Raupp J., Pekrun C., Oltmanns M., Köpke U. (Eds.), *Long-term Field Experiments in Organic Farming, ISOFAR Scientific Series 1*, Dr. Köster, Berlin, 2006
- Raupp J., Oltmanns M., Farmyard Manure , Plant Based Organic Fertilisers , Inorganic Fertiliser - Which Sustains Soil Organic Matter Best ? *Asp. Appl. Biol.*, 2006, 273–76.
- Reeve J.R., Carpenter-Boggs L., Reganold J.P., York A.L., Brinton W.F., Influence of Biodynamic Preparations on Compost Development and Resultant Compost Extracts on Wheat Seedling Growth, *Bioresour. Technol.*, 2010, 101, 5658-5666
- Ross C.F., Weller K.M., Blue R.B., Reganold J.P., Difference Testing of Merlot Produced from Biodynamically and Organically Grown Wine Grapes, *J. Wine Res.*, 2009, 20, 85-94
- Sharma S.K., Laddha K.C., Sharma R.K., Gupta P.K., Chatta L.K., Pareek P, Application of Biodynamic Preparations and Organic Manures for or- Ganic Production of Cumin (*Cuminum Cyminum L .*), *International Journal of Seed Spices*, 2012, 2, 7-11
- Simões-Wüst A. P., Rist A., Mueller L., Huber M., Steinhart H., Thijs C., Consumption of Dairy Products of Biodynamic Origin Is Correlated with Increased Contents of Rumenic and Trans-Vaccenic Acid in the Breast Milk of Lactating Women'. *Organic Agriculture*, 2011, 1, 161-166
- Spaccini R., Mazzei P., Squartini A., Giannattasio M., Piccolo A, Molecular Properties of a Fermented Manure Preparation Used as Field Spray in Biodynamic Agriculture, *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 2012, 19, 4214-4225
- Spengler Neff A., Ivemeyer S., Differences between dairy cows descending from artificial insemination bulls vs. dairy cows descending from natural service bulls on organic farms in Switzerland, *Livest. Sci.*, 2016, 185, 30-33
- Sradnick A., Murugan R., Oltmanns M., Raupp J., Joergensen R.G., Changes in Functional Diversity of the Soil Microbial Community in a Heterogeneous Sandy Soil after Long-Term Fertilization with Cattle Manure and Mineral Fertilizer, *Appl Soil Ecol*, 2013, 63, 23-28
- Sradnick A., Oltmanns M., Raupp J., Joergensen R.G., Microbial Biomass and Activity down the Soil Profile after Long-Term Addition of Farmyard Manure to a Sandy Soil, *Org. Agr.*, 2018, 8, 29-38
- Steiner R., *Geisteswissenschaftliche Grundlagen Zum Gedeihen Der Landwirtschaft [Spiritual Foundations for a Renewal of Agriculture: a Series of Lectures]*, 1993
- Tassoni A., Tango N., Ferri M., Comparison of Biogenic Amine and Polyphenol Profiles of Grape Berries and Wines Obtained Following Conventional, Organic and Biodynamic Agricultural and Oenological Practices, *Food Chem.*, 2013, 139, 405-413
- Thijs C., Müller A., Rist L., Kummeling I., Snijders B.E.P., Huber M., van Ree R., *et al.*, Fatty Acids in Breast Milk and Development of Atopic Eczema and Allergic Sensitisation in Infancy, *Allergy*, 2011, 66, 58-67
- Trivedi A., Sharma S.K., Hussain T., Sharma S.K., Gupta P.K., Application of Biodynamic Preparation , Bio Control Agent and Botanicals for Organic Management of Virus and Leaf Spots of Blackgram (*Vignamungo L . Hepper*), *AJAR*, 2013, 1, 60-64
- Tung L.D., Ferandez P.G. Soybeans under Organic, Biodynamic and Chemical Production, *Philipp. J. Crop Sci.*, 2007, 32, 49-62
- Turinek M., Grobelnik-Mlakar S., Bavec M., Bavec F., Biodynamic Agriculture Research Progress and Priorities, *Renewable Agric. Food Syst.*, 2009, 24, 146-154
- Turinek M., Grobelnik-Mlakar S., Bavec F., Bavec M., Ecological Efficiency of Production and the Ecological Footprint of Organic Agriculture, *Revija za geografij - The Journal for Geography*, 2010, 5, 129-140
- Vaitkevičienė N., Jariene E., Danilcenko H., Sawicka B, Effect of Biodynamic Preparations on the Content of Some Mineral

- Elements and Starch in Tubers of Three Coloured Potatoe Cultivars, *J. Elementol.*, 2016, 21, 927-935
- Vaitkevičienė N., The effect of biodynamic preparations on the accumulation of biologically active compounds in the tubers of different genotypes of ware potatoes, PhD Thesis, Aleksandras Stulginskis University Lithuania, Kaunas, 2016
- Nijolė Vaitkevičienė N., Jarienė E., Ingold R., Peschke J., Effect of biodynamic preparations on the soil biological and agrochemical properties and coloured potato tubers quality, *Open Agriculture*, 2019, 4, 17–23, <https://doi.org/10.1515/opag-2019-0002>
- Valdez R., Fernandez P., Productivity and Seed Quality of Rice (*Oryza Sativa* L.) Cultivars Grown under Synthetic, Organic Fertilizers and Biodynamic Farming Practices, *Philipp. J. Crop Sci.*, 2008, 33, 37-58
- Villanueva-Rey P., Vázquez-Rowe I., Moreira M.T., Feijoo G., Comparative Life Cycle Assessment in the Wine Sector: Biodynamic vs. Conventional Viticulture Activities in NW Spain, *J. Clean Prod.*, 2014, 65, 330-341
- Yañez L., Saavedra J., Martínez C., Córdova A., Ganga M.A., Chemometric Analysis for the Detection of Biogenic Amines in Chilean Cabernet Sauvignon Wines: A Comparative Study between Organic and Nonorganic Production, *J. Food Sci.*, 2012, 77, 143-150
- Zaller J.G., Seed Germination of the Weed *Rumex Obtusifolius* after on-Farm Conventional, Biodynamic and Vermicomposting of Cattle Manure, *Ann. Appl. Biol.*, 2007, 151, 245-249
- Zaller J.G., Köpke U., Effects of Traditional and Biodynamic Farmyard Manure Amendment on Yields, Soil Chemical, Biochemical and Biological Properties in a Long Term Field Experiment, *Biol. Fertil. Soils*, 2004, 40, 222-229