

## Tecnologías y capacidades endógenas como elementos de desarrollo para el campo mexicano: el papel de los biofertilizantes en los sistemas agroalimentarios localizados (SIAL)\*

Endogenous Technologies and Capabilities as Development Elements for the Mexican Countryside: the Role of Biofertilizers in Localized Agri-food Systems (LAFS)

*Alejandro Barragán Ocaña\*\**

### RESUMEN

Los sistemas agroalimentarios localizados (SIAL) representan un enfoque de interés, con relación a la necesidad de atender la compleja problemática que se circunscribe dentro del marco global para el desarrollo local y territorial de las zonas rurales. En este sentido, la generación de capacidades que se crean por parte de empresas locales del sector y la academia representan una opción en términos de innovación, productividad y competitividad. El objetivo de esta investigación consistió en el abordaje de un estudio de caso de carácter exploratorio sobre los SIAL, la empresa local y la generación de capacidades endógenas (tecnológicas y organizacionales). De esta manera, se eligió el caso de Biofábrica Siglo XXI, una empresa dedicada a la producción de insumos agrícolas (biofertilizantes y composta), coadyuvantes necesarios para optimizar la productividad agrícola que se lleva cabo dentro de los SIAL. Las conclusiones más importantes reflejan una relación positiva entre la empresa local, las capacidades endógenas y los SIAL donde se pueden emplear este tipo de innovaciones.

**Palabras clave:** Empresa, agroindustrial, local, tecnología, endógena, productividad, SIAL.

**Clasificación JEL:** O13, O31 y O32.

### ABSTRACT

Localized agri-food systems (LAFS) are of particular interest in terms of the need to address the complex problems encompassed by the overall framework of local and territorial development in rural areas. In this regard, generation of capabilities by local companies within the sector and academia represent an option in terms of innovation, productivity and competitiveness. The objective of this research was to carry out an exploratory case study on LAFS, the local company and the generation of endogenous capabilities (technological and organizational). The case chosen was Biofábrica Siglo XXI, a producer of agricultural input products (biofertilizers and compost) needed to optimize agricultural productivity within LAFS. The main conclusions reflect a positive relationship between the local firm, endogenous capabilities and LAFS where such innovations can be used.

**Keywords:** Company, agroindustrial, local, technology, endogenous, productivity, LAFS

**JEL classification:** O13, O31 and O32

---

\* Fecha de recepción: 26/07/2020. Fecha de aceptación: 20/04/2021.

\*\* Profesor-Investigador en el Instituto Politécnico Nacional, México. Trabajo ganador del Premio Dr. Ernest Feder 2018 (segundo lugar) que otorga el Instituto de Investigaciones Económicas (IIEC) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). E-mail: [abarragano@ipn.mx](mailto:abarragano@ipn.mx). ORCID: 0000-0002-9826-6514.

## INTRODUCCIÓN

Diversas causas ayudan a explicar el atraso tecnológico de América Latina, como su baja participación en la producción de conocimiento y su vinculación con el mercado, escasa inversión en el gasto destinado a la Investigación y Desarrollo (I+D), así como una limitada aportación económica por parte del sector privado. Aunado a ello, en la década de los 90 y producto de la necesidad de reactivar las economías de la región, se generó una apertura comercial importante que propició una desindustrialización en la zona, donde las exportaciones se sustentaron en productos básicos y se gestó una limitada especialización tecnológica, aunque en casos como el de México, sus exportaciones guardan un mayor valor agregado, debido a que su dependencia tecnológica está ligada a bienes de capital importados, conocimiento del extranjero y participación de grandes empresas del exterior que limitan su autonomía en términos de desarrollo tecnológico en áreas emergentes como sucede con Brasil y Argentina (Arocena y Sutz, 2001).

Las dinámicas de mercado, tecnológicas y organizacionales han cambiado, producto de la influencia global; los efectos en las formas de producción, regulación y comercialización adoptadas, abonan a favor de cadenas internacionales sobre aquellos elementos que constituyen fortalezas para la agricultura y la agroindustria local (Gutman y Gorenstein, 2003). En un territorio, la participación de múltiples actores en la generación de ambientes de innovación, en su sentido más amplio, se vuelve fundamental para la generación de competencias que permitan su participación en el ámbito internacional. Sobresaliendo el hecho de que esta necesidad prevalece dentro de la conformación de los sistemas agroalimentarios y sistemas territoriales de producción (Gallego, 2008).

El concepto SIAL integra diversos alcances, entre los que destacan el aprovechamiento de recursos locales, la valorización del territorio (recursos y personas), integración de valor simbólico en productos para los consumidores (por el origen), y sostenibilidad para fomentar el desarrollo de los territorios (Fournier y Muchnik, 2012). Éste ha evolucionado y ha sido relacionado con múltiples elementos, entre ellos, se pueden mencionar la generación de capacidades, la construcción de redes de conocimiento e innovación que se sitúa en el ámbito local. De hecho, estos sistemas guardan su origen a partir del estudio de cadenas de valor relacionadas con la fabricación de productos tradicionales, por ejemplo, el vino y el queso (Torres, 2012).

De tal forma, resulta pertinente plantear la siguiente pregunta de investigación: ¿cuáles son los principales elementos que permiten definir la relación entre los SIAL, la empresa local y las capacidades endógenas (organizacionales y tecnológicas)? Así, el objetivo de este trabajo de investigación consistió en llevar a cabo un estudio de carácter exploratorio que permita brindar un marco de referencia para el

estudio futuro de los SIAL, la empresa local y la generación de capacidades con la intención de brindar elementos que permitan atender y solucionar problemas de carácter local. Para ello, se hizo una revisión sobre los SIAL, la innovación y las capacidades tecnológicas y organizacionales, y el uso de biofertilizantes en la agricultura. Finalmente, el trabajo permite brindar evidencia empírica a partir del estudio de caso realizado en Biofábrica Siglo XXI, que aporta evidencia sobre la importancia del desarrollo de capacidades endógenas (tecnológicas y organizacionales) para la atención de problemas locales, lo que podría ser potenciado a través de la aplicación de los principios que rigen a los SIAL.

## I. SISTEMAS AGROALIMENTARIOS LOCALIZADOS Y EL CAMPO MEXICANO

En América Latina, la Agroindustria Rural (AIR) surgió como una alternativa para ayudar a mitigar las condiciones de pobreza de pequeños productores a través de actividades que integran valor agregado a sus productos (poscosecha). Desafortunadamente, a consecuencia de los efectos de la globalización, los productores no pueden responder a las exigencias y dinámicas que presentan los mercados. Derivado de ello, los SIAL se convierten en una alternativa debido a que promueven el desarrollo territorial a partir del uso de recursos locales y la cooperación entre actores de la región, mirando hacia lo global, pero teniendo en consideración la problemática que presenta cada entorno en particular (Boucher, 2012).

Existen diversos aspectos de interés dentro de los SIAL, entre los que destacan, por ejemplo, las características de los productos generados, las cuales se relacionan tanto a los atributos del territorio, como a los del mismo producto. Esto les otorga elementos de calidad y de originalidad —signos distintivos—. <sup>1</sup> Asimismo, los SIAL pueden incorporarse a cadenas agroalimentarias para establecer canales de comercialización de forma directa con los consumidores, mediante el uso de Internet o a través de mecanismos de venta en grandes proporciones (Muchnik, Sanz, y Torres, 2011). Es decir, los mecanismos de comercialización dependerán del tipo de alcance que se desea obtener por parte de los productores, pero brindando la flexibilidad de escoger entre diversas alternativas *ad hoc*.

Hay una gran cantidad de productos que pueden ser asociados o construidos alrededor del concepto SIAL, como la producción de arroz que se lleva a cabo en

---

<sup>1</sup> Se señala como figuras, entre las que se encuentran la denominación de origen, la agricultura biológica, el comercio justo, entre otras, pueden ser asociadas al concepto de territorialidad bajo el esquema que brindan los SIAL. Entre las acciones colectivas que se pueden considerar están el aprendizaje común, la adopción de innovaciones y acciones comunes de comercialización. Dentro del enfoque SIAL también se ha integrado el estudio de los circuitos cortos de comercialización, en tanto que favorecen el comercio justo e incluyente para diversos territorios rurales (Riveros y Boucher, 2018).

el estado de Morelos y que cuenta con el reconocimiento de denominación de origen o la producción de cuiltlacoche (*Ustilago Maydis sp.*) en el estado de Tlaxcala (Tolentino, 2014; Torres Salcido *et al.*, 2015). Actualmente, el sistema agroalimentario presenta retos importantes debido al dominio que ejercen sobre él las grandes corporaciones comerciales, lo que lleva a una crisis alimentaria que provoca hambre, exclusión y desnutrición en los países del sur, así como trastornos y enfermedades en los países del norte (Delgado, 2010).

Respecto al caso del campo mexicano, se caracteriza por presentar dos realidades antagónicas, por una parte, grandes empresas agroexportadoras participan en los mercados globales con éxito, y por la otra, los pequeños productores no cuentan con ingresos suficientes producto de la falta de rentabilidad de las actividades agropecuarias, dedicando en algunos casos la producción al autoconsumo y obteniendo ingresos a partir de su trabajo como migrantes (De Grammont, 2001). Lo que pone en evidencia la necesidad de diseñar políticas y estrategias que ayuden a mitigar la desfavorable situación que cotidianamente presentan los campesinos en México y en general en los países en vías de desarrollo.

El sector agropecuario constituye una base fundamental para la atención de las necesidades alimentarias de la población, y para el suministro de industrias y cadenas productivas. Sin embargo, se caracteriza por presentar un alto consumo de recursos naturales y un atraso tecnológico importante. Las políticas públicas por su parte no han logrado incidir de forma favorable, por lo que los problemas referentes a la reducción de condiciones de desigualdad, la falta de atención a la autosuficiencia alimentaria y la carencia en el manejo sustentable de los recursos naturales resultan tareas aún pendientes (Escalante, 2006).

Con relación a las organizaciones campesinas, el concepto SIAL resulta interesante dada la capacidad de éstas para generar proyectos de diferente índole (productivos, educativos, etcétera) vinculados entre ellos, con miembros del sector y con otros actores extra sectoriales. De ello, sobresale la relevancia de la identidad del territorio, su cultura, y la autonomía como una forma de hacer frente a los embates de la globalización, por lo que aspectos como la producción basada en las características de la región, identidad, innovación social, conocimientos, responsabilidad ambiental y trabajo solidario, son elementos que encajan claramente dentro de este modelo económico (Larroa y Rodas, 2018).

## II. INNOVACIÓN Y CAPACIDADES TECNOLÓGICAS Y ORGANIZACIONALES ENDÓGENAS

Al hablar de los Sistemas Nacionales de Innovación (SNIS) en América Latina y el Caribe, es posible observar, de forma general, que los actores que los integran no han logrado construir un marco robusto en términos de vinculación, inversión

para la generación de activos intangibles y recursos humanos, o políticas públicas *ad hoc* que fomenten el proceso de innovación en la región (Alcorta y Peres, 1998). Así, el crecimiento económico está claramente relacionado con el fomento de la educación y la formación de mano de obra altamente calificada, ello con la intención de migrar hacia dinámicas de innovación más sólidas. El conocimiento se ha convertido en uno de los activos más importantes de las organizaciones, por lo que la reducción de la desigualdad se vuelve uno de los retos centrales, y el apoyo a la investigación, el desarrollo tecnológico, y la implementación de políticas industriales adecuadas se transforman en condiciones necesarias para el desarrollo de un país (Arocena y Sutz, 2003).

Desde un enfoque sobre las relaciones que se establecen a partir de la vinculación académica, industria y gobierno, el problema de la generación de conocimiento e innovación en América Latina se concentra, por una parte, en la escasa participación de la industria en este tipo de actividades, y por la otra, los avances tecnológicos exitosos que parten desde lo micro, difícilmente son trasladados hacia una escala mayor (Sutz, 2000). Lo anterior se ve sustentado cuando se observa el bajo nivel de patentamiento que en general presenta la región con respecto a otros países del mundo (Ketelhöhn y Ogliastri, 2013). Derivado de ello, las actividades relacionadas con la generación de innovaciones, gestión de la tecnología, transferencia tecnológica y protección de la propiedad intelectual tienen que ser apoyados directamente, bajo programas específicos que promuevan el desarrollo tecnológico de la región.

El marco de la globalización ha traído consigo retos y oportunidades. En América Latina, si bien se espera que la inserción de empresas transnacionales a la actividad económica favorezca aspectos como la innovación, mayor inversión y crecimiento, esto no ha sucedido (Moguillansky, 2006). Si bien la transmisión del conocimiento entre países es un efecto esperado, especialmente el aprovechamiento de éste por parte de los países en vías de desarrollo, a pesar de los avances tecnológicos, su incorporación depende del tipo de tecnología y la orientación de acciones para su transmisión y adquisición, por lo que el establecimiento de políticas locales como canales de aprendizaje, formación de recursos humanos y desarrollo de capacidades tecnológicas resultan fundamentales para la consecución de este propósito (Archibugi y Pietrobelli, 2003).

Otro de los elementos que permiten a una organización competir y sobrevivir dentro de los mercados donde se desempeña, es la generación de capacidades en diferentes áreas. Aunque Ruiz (2010) asocia una serie de variables que repercuten en el desempeño organizacional como estrategias de competencia, orientación de mercado, enfoque hacia la calidad, entre otras. Las referentes a la generación de capacidades son divididas en cuatro, como se muestra en la figura 1.

Figura 1. *Capacidades en la organización y su desempeño.*



Fuente: Elaboración propia a partir de Ruiz (2010).

Cuando se habla del cambio tecnológico a través de mejoras incrementales, en el caso de América Latina es importante mencionar, que éste se deriva de la acumulación del conocimiento e iniciativas propias (endógenas) por parte de empresas que cuentan con cierta trayectoria y generalmente se orienta a mejorar la productividad, lo que pone en desventaja a las nuevas organizaciones (Burachik, 2000). Existen estudios enfocados al fenómeno de la innovación endógena en Pequeñas y Medianas Empresas (Pymes) donde, ante las limitaciones que éstas tienen con relación al acceso a recursos materiales y humanos, se señala la importancia del conocimiento como un factor de cambio que promueve la innovación endógena a partir del fortalecimiento de su propio conocimiento y de las capacidades desarrolladas, lo que debe ser diferenciado del aprendizaje externo, a la vez que el fortalecimiento de las capacidades internas en I+D puede brindar ventajas competitivas a la organización (Li *et al.*, 2011).

Se presentan ejemplos que muestran cómo el proceso de innovación tecnológica de alta complejidad técnica en áreas emergentes de países en vía de desarrollo es posible, gracias a las oportunidades que potencialmente pueden ser exploradas, como el caso de la medicina regenerativa en Brasil, China e India, aun con claras limitaciones de recursos, escasa participación de las empresas y retos importantes en la integración de una mayor cantidad de actores dentro del proceso de innovación, se ha logrado la construcción de capacidades endógenas, lo cual es importante para el desarrollo económico y la atención de problemas locales (McMahon y Thorsteinsdóttir, 2013).

El acceso al conocimiento tecnológico en las empresas es heterogéneo y su asimilación y transferencia constituyen operaciones complejas, por lo que éstas están

asociadas con aspectos relacionados a la política, el aprendizaje, la experiencia, el desarrollo de habilidades y la inversión. Todo ello, dependiendo de las características de cada industria y su mercado, lo que logra ser atendido mediante la acumulación de experiencia, absorción de nuevo conocimiento (interno o externo) y creación del mismo, precisamente con la intención de generar capacidades tecnológicas para los diferentes niveles de madurez organizacional (Lall, 1992; Rush *et al.*, 2007).

Las acciones colaborativas constituyen un elemento que claramente convive con las prácticas sustentables, el desarrollo social y, al mismo tiempo, apoyan a los miembros más vulnerables dentro de un grupo de personas o Pymes, como se ha podido constatar dentro de las cadenas de suministro agroalimentarias (Rocha dos Santos y Guarnieri, 2020; Zaridis *et al.*, 2020). En este mismo orden de ideas, las redes de innovación con otros actores también ofrecen a las Pymes agroalimentarias la posibilidad de brindar nuevos productos o servicios (McAdam *et al.*, 2016). Así, basados en esta premisa, la innovación abierta juega un papel relevante para el sector agroalimentario debido a que permite la generación de proyectos de innovación basados en las necesidades que expresan los consumidores (Cillo *et al.*, 2019). De hecho, conforme mayores son los retos técnicos para el desarrollo de nuevos productos y las capacidades internas comienzan a presentar limitaciones, entonces es necesario recurrir a fuentes externas de innovación (Materia *et al.*, 2017).

Sin embargo, dentro del proceso de innovación, surgen distintas barreras para las empresas, y su éxito depende en buena medida de las competencias que éstas puedan presentar a nivel de I+D, mercado, estructura organizacional y proceso de fabricación (Tepić, 2012). Si bien la innovación es un elemento que genera valor y brinda mayor competitividad a las pequeñas empresas, también es cierto que éstas deben evaluar seriamente los riesgos asociados a su implementación a través de la toma de decisiones (Peón y Martínez-Filgueira, 2020). Adicionalmente, el sector agroindustrial enfrenta problemas asociados a la globalización y existe un reclamo por parte de la sociedad para poner en funcionamiento medidas innovadoras y sustentables que permitan su viabilidad (Saint-Ges *et al.*, 2021).

De hecho, los SIAL representan un abordaje teórico interesante que permite analizar temas de innovación territorial, teniendo como principios la prioridad del ambiente, los recursos, elementos y dinámicas locales y, por supuesto, la calidad de los productos generados (Mancini *et al.*, 2019). En este contexto, el territorio constituye un constructo social e histórico que enfrenta elementos internos y externos que pueden impedir la generación de competencias para los SIAL dentro del sector agroalimentario (Salas *et al.*, 2006). Así, los componentes que dan estructura a los SIAL integran, desde aspectos que incorporan bienes culturales, hasta aquellos de orden tecnológico, geográfico, de especialización y otros (Mantino,

2014). Aunque la coordinación y la cohesión pueden favorecer el desarrollo de la innovación y la sustentabilidad dentro de los SIAL, estos dos elementos no son permanentes y un mal manejo de los mismos puede romper su frágil equilibrio (Fournier *et al.*, 2018).

Así, en términos de sustentabilidad, la colectividad y los recursos locales (tangibles e intangibles) resultan fundamentales (Fournier *et al.*, 2018). Por otra parte, la innovación social y la gobernanza se encuentran claramente vinculados a los SIAL, permitiendo con ello, no sólo poner en contexto las necesidades de familias y productores agrícolas en el ámbito global, sino también ayudan a identificar diversas áreas de oportunidad (Tolentino Martínez y Del Valle Rivera, 2018). De esta forma, el fomento de la innovación dentro de los SIAL es posible mediante la participación de todos los actores involucrados, los recursos de los territorios (instituciones, el capital humano, sus relaciones y, por supuesto, sus productos) y del avance de distintas áreas del conocimiento (científico, tecnológico, entre otros) que pueden incidir positivamente en el desarrollo de los territorios (Arias Hernández, 2015; Giacomini y Mancini, 2015), para lo cual la gobernanza resulta fundamental, en tanto, puede favorecer la coordinación y los impactos sociales y ambientales esperados (Mantino y Vanni, 2018).

### III. EL PAPEL DE LOS BIOFERTILIZANTES EN EL DESARROLLO AGRÍCOLA

Se ha argumentado que las organizaciones que establecen estrategias de adquisición de tecnología y conocimiento (*know how*) mediante la transferencia a través de fuentes locales y del extranjero, muestran incrementos mayores en su productividad, al mismo tiempo que se fomenta y se asocia con desarrollo de la I+D, la protección intelectual y, en consecuencia, incentiva el proceso de innovación (Belderbos *et al.*, 2012). La proximidad geográfica de una región con instituciones provenientes de la academia puede constituir un factor de influencia para el crecimiento económico relacionado con el desarrollo de industrias locales de alta tecnología (uso intensivo del conocimiento). Lo anterior, se da mediante la generación de capital humano, colaboración entre investigadores (academia-industria) y la creación de *Spin-Offs* como fuentes y proveedores de conocimiento (Varga, 2000).

A su vez, las capacidades tecnológicas están relacionadas con la adquisición de conocimientos y habilidades necesarias para llevar a cabo la gestión integral de tecnologías (adquisición, uso, entre otros). Sin embargo, el buen uso y desarrollo de las mismas depende también de otras capacidades, recursos, etcétera (Lugones *et al.*, 2007). En la actualidad, existe una clara clasificación sobre innovaciones para el desarrollo agrícola, entre las que destacan las químicas, biotecnológicas, mecánicas,

institucionales, sistemas de información, entre otras (Herrera, 2006). Lo que lleva a evaluar cuáles son las alternativas más viables en términos de factibilidad técnica, económica y ambiental en países en vías de desarrollo.

Al respecto es importante señalar que, en el caso del uso de plaguicidas y agroquímicos (herbicidas y fertilizantes), existe una gran cantidad de riesgos asociados a ellos, que constituyen una de las herencias de la revolución verde, como afectaciones a la salud humana por intoxicación o efectos crónicos, y daños al ambiente (aire, tierra y agua), por lo que su uso ha resultado polémico (Montoro *et al.*, 2009; Moreno y López, 2005; Avalos, 2009; Mora *et al.*, 2005; Yepis *et al.*, 1999). Esto lleva a replantear mecanismos adecuados para su correcto uso en condiciones de seguridad y disminución de su consumo.

De esta manera, resulta fundamental encontrar alternativas que den viabilidad y sustentabilidad a los problemas de producción agrícola y de alimentación. Aunque el caso de los transgénicos es un tema ampliamente cuestionado, la biotecnología agrícola ofrece otras alternativas como el uso de los biofertilizantes (microorganismos benéficos —bacterias y hongos—) para la reducción del uso de los agroquímicos. Sus efectos han demostrado resultados favorables a nivel laboratorio y en los campos de cultivo, incluso en algunos casos se han generado combinaciones con abonos orgánicos presentando resultados positivos. Los beneficios se han observado en cultivos como el tomate, la cebolla, y la papa (Santillana *et al.*, 2005; Sánchez *et al.*, 2012; Rojas y Ortuño, 2007).

La mejora constante de los biofertilizantes resulta fundamental en tanto han demostrado su eficiencia e impacto en la producción agrícola, gracias a los beneficios asociados a su uso como promotores de crecimiento, incremento de productividad con menores costos, mejora de suelos, combate de enfermedades causadas por otros microorganismos patógenos y plagas, mejora las condiciones ambientales, incremento de la calidad del suelo (Dudeja *et al.*, 2011; Singh *et al.*, 2011; Malusa *et al.*, 2012; Sharma *et al.*, 2012; Bhardwaj *et al.*, 2014; Higa y Parr, 1994; Kennedy y Roughley, 2002).

El uso de los biofertilizantes se ha extendido hacia una gran cantidad de productos como hongos, hortalizas, soja, té, plátanos, trigo, maíz, girasoles, plantago, papas, algodón y yuca. Así, el estudio de este tipo de tecnologías resulta prioritario para entender su impacto económico y social, sus alcances y limitaciones, y los diferentes impactos esperados (ambientales, económicos, técnicos, productivos y sociales) (Baum *et al.*, 2015; Zaidi *et al.*, 2015; Seneviratne *et al.*, 2009; Bai *et al.*, 2014; Mahanta *et al.*, 2014; Shen *et al.*, 2013; Haneef *et al.*, 2014; Gajdos *et al.*, 2012; Kumar *et al.*, 2013; Hridya *et al.*, 2013; Amjad *et al.*, 2015; Abbasi y Yousra, 2012; El-Sirafy *et al.*, 2006; Behera y Rautaray, 2010; Monem *et al.*, 2001).

Si bien los gobiernos y las agencias de desarrollo en América Latina han llevado a cabo acciones para complementar las iniciativas de innovación en agricultura, por parte del sector privado (a través de la creación de fondos públicos y fomento a la investigación dentro de entidades públicas), a nivel de las empresas y los productores, no se invierte lo necesario por falta de iniciativas y carencia de capital de riesgo (Pomareda y Hartwich, 2006). Es fundamental generar apoyos hacia este sector primario que constituye la base del desarrollo para cualquier país. Se tienen que construir esquemas rentables que posicionen a la actividad agrícola como una alternativa viable para los productores y empresas locales de la región.

#### IV. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO Y RESULTADOS

La metodología empleada dentro de este trabajo de investigación se basa en el estudio de caso, caracterizado por brindar los elementos que permiten fundamentar la teoría que se deriva de la estrategia de investigación, y permite entender la dinámica que se genera en ambientes particulares para su mejor abordaje (Ravenswood, 2011). Aunque hacer generalizaciones a partir del desarrollo de estudios cuantitativos y especialmente a través de estudios cualitativos resulta complicado, es posible hacer aproximaciones a través de similitudes de los casos, no obstante que el alcance de éstos está más enfocado hacia la descripción y contextualización del fenómeno, por lo que su selección adecuada resulta fundamental (Onwuegbuzie y Leech, 2010; Seawright y Gerring, 2008).

A partir de ello, se abordó un estudio de caso de Biofábrica Siglo XXI, una empresa agro biotecnológica con una participación interesante en el sector agroalimentario. Su elección se basó a la amplia presencia de estudios que abordan su trayectoria, además, desde sus inicios, los desarrollos tecnológicos que comercializa cuentan con el respaldo de la universidad. De hecho, el trabajo de esta empresa se ha venido fortaleciendo a partir de su estrecha vinculación con otros actores relevantes provenientes de la academia y el gobierno, lo que le ha permitido ganar más confianza entre distintos usuarios y aumentar su participación en el mercado. De manera que, como se ha establecido en el objetivo de esta investigación, el propósito consiste en llevar a cabo un estudio de carácter exploratorio sobre los SIAL, la empresa local y la generación de capacidades endógenas. De tal forma que el caso de Biofábrica permite ejemplificar cómo la empresa local a través del desarrollo de capacidades tecnológicas y organizacionales endógenas puede incidir de forma positiva en el desarrollo de los SIAL.

Para llevar a cabo lo anterior, se revisó información documental previamente publicada que permitió retomar los antecedentes más importantes de esta organi-

zación. Adicionalmente, se realizaron entrevistas, tanto en las oficinas de la Ciudad de México como en las instalaciones de Cuautla, Morelos. Dichas entrevistas estuvieron basadas en una guía, la cual representó un punto de partida que permitió explorar fundamentalmente las capacidades tecnológicas y organizacionales que Biofábrica ha desarrollado a través del tiempo y que le han permitido ganar mayor confianza entre sus usuarios y, con ello, tener más participación en el mercado. Adicionalmente, el trabajo de campo realizado incluyó observación *in situ*, y el análisis de experiencias que la organización ha tenido en el desarrollo y aplicación de sus productos dentro de ciertos cultivos específicos. Lo que en primera instancia permite examinar el potencial que tiene el uso de los biofertilizantes y las compostas dentro de los SIAL.

Así, entre las principales características de la empresa destaca la comercialización de productos basados en dos bacterias (*Azospirillum brasilense* y *Rhizobium etli*) y hongos micorrízicos arbusculares (*Rhizophagus irregularis*). En el caso de la bacteria *Azospirillum brasilense*, es posible aplicar el producto en la mayoría de los cultivos (bioinoculante no simbiótico). Éste ayuda a la fijación de nitrógeno y produce fitohormonas y otros productos que estimulan el crecimiento de las plantas. Respecto a la bacteria *Rhizobium etli* es simbiótica con las plantas, su aplicación está dirigida a leguminosas y aporta el total del nitrógeno que requieren; en el caso de ambas bacterias, su aportación está orientada al crecimiento de las plantas. Finalmente, los hongos micorrízicos arbusculares ayudan a solubilizar diversos nutrientes, entre ellos, el fósforo, que ayuda en la absorción de agua y es un microorganismo que se encuentra prácticamente en todas las plantas.

Respecto a los productos elaborados con base en las bacterias, ya se comercializan en versiones líquidas. Éstos cuentan con una vida de anaquel adecuada (bacterias viables) y su uso y aplicación por parte de los productores se lleva a cabo con mayor facilidad. La aceptación de los productos es amplia, pero en el caso de los pequeños productores campesinos el suministro está muy ligado a programas gubernamentales, por lo que se sigue promoviendo el apoyo ante el gobierno para que los productores se sigan beneficiando de su uso (De Leonardo, comunicación personal, 27 de julio de 2017).

Los resultados favorables en términos de calidad de las plantas y aumento de la producción que Biofábrica ha documentado a partir del uso de biofertilizantes, se encuentran en diversos cultivos como maíz, fresa, caña de azúcar, cacahuete, entre otros. Casos como el tratamiento de plantas de café afectadas por roya en la región de Coatepec, Veracruz, en el año 2015, muestran resultados favorables. En la figura 2 se puede apreciar cómo la roya causó daños importantes en la resiembra de plantas de café, afectando con ello su desarrollo.

Figura 2. *Resiembra de plantas de café con fuertes afectaciones causadas por la roya (previo al uso de biofertilizantes).*



Fuente: Cortesía de Biofábrica (2018).

Derivado de lo anterior, a partir del tratamiento con biofertilizantes se observó una mejora importante tanto en la población adulta como en la resiembra de plantas de café, lo que promete resultados positivos en el tratamiento de diversas afecciones en otros cultivos (véase figura 3). Esto ha motivado a la empresa a continuar estudiando y evaluando los efectos a partir del uso de sus biofertilizantes y su composta en diferentes cultivos, no sólo como promotores de crecimiento, sino también como inoculantes biológicos que coadyuven en el combate de otros microorganismos patógenos.

Figura 3. *Tratamiento de plantación adulta (daños menores causados por la roya) y resiembra de plantas de café tratadas con biofertilizantes (ausencia de daños).*



Fuente: Cortesía de Biofábrica (2018).

En lo que se refiere al aumento de la productividad, la empresa ha llevado a cabo una gran cantidad de pruebas con sus productos en múltiples cultivos. En la figura 4 se puede observar el cultivo de jitomate, realizado bajo de condiciones de invernadero, donde se puede apreciar con claridad el aumento en la cantidad y tamaño de los frutos en una planta de jitomate tratada con biofertilizantes, con respecto a la planta testigo que recibió sólo el tratamiento convencional.

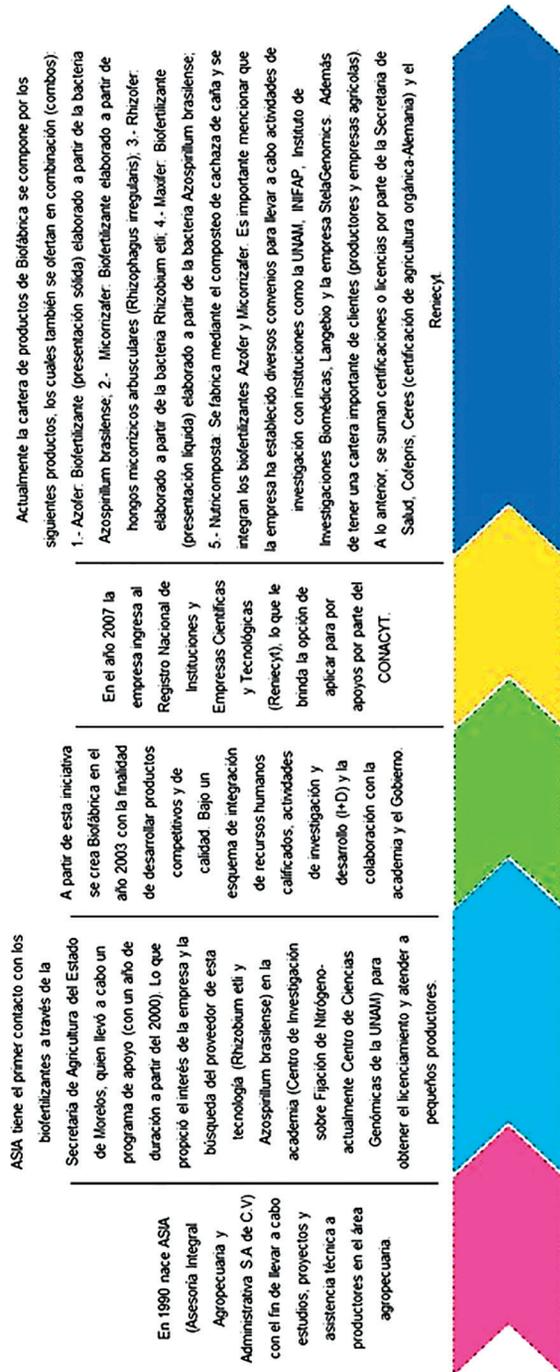
Figura 4. Comparativo en cultivo de jitomate de invernadero con biofertilizante y testigo.



Fuente: Cortesía de Biofábrica (2018).

Desde sus inicios, la empresa ha ido desarrollando e integrando una cantidad importante de capacidades técnicas y organizacionales para ofertar servicios y productos de vanguardia que cumplan con estándares de calidad requeridos a nivel nacional e internacional. Derivado de ello, es interesante observar cómo dentro de la construcción de estas capacidades la empresa ha optado por el uso tecnología endógena, convenios con la academia local y servicios técnicos dentro de México. En la figura 5 se puede observar brevemente la trayectoria que Biofábrica ha llevado a cabo a través del tiempo para desarrollar sus capacidades técnicas y organizacionales, lo que la ha llevado a posicionarse como una opción seria y relevante dentro del mercado de biofertilizantes y compostas.

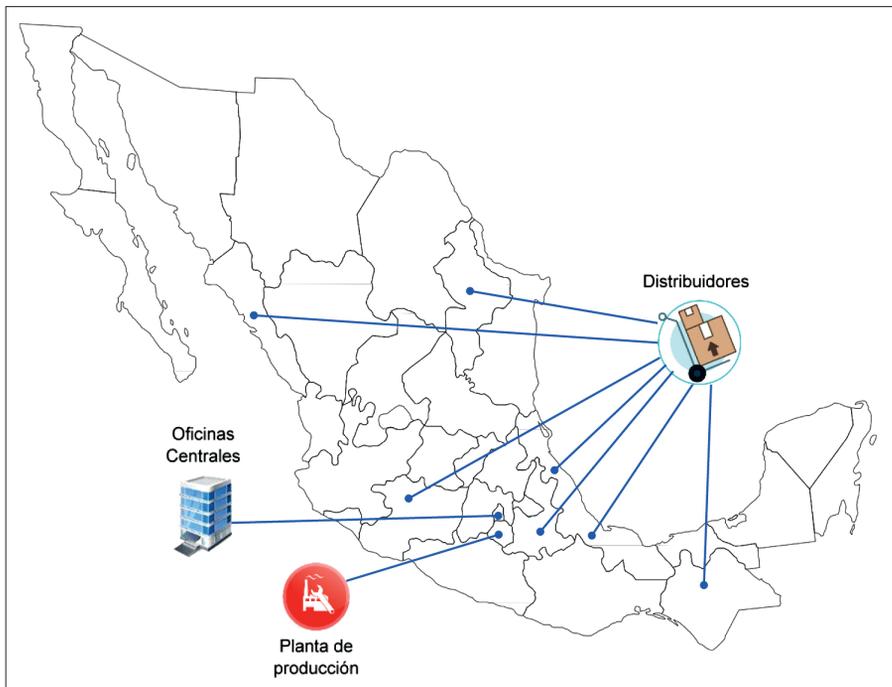
Figura 5. Evolución de las principales capacidades técnicas y organizacionales de Biofábrica.



Fuente: Elaboración propia a partir de Del Valle y Barragán (2014) y Biofábrica (2018).

Con relación a la estructura de la empresa, ésta cuenta con oficinas centrales en la Ciudad de México, una planta de producción en Cuautla, Morelos, y un total de siete distribuidores localizados en Veracruz, Nuevo León, Puebla, Michoacán, Sinaloa y Chiapas. Con lo que sus capacidades en términos de presencia geográfica y distribución dentro del país muestran un tamaño interesante que le permite promocionar e incrementar el uso de sus productos en una mayor cantidad de múltiples actores, localizados en regiones que comprenden estados del norte, centro y sur del país (véase figura 6).

Figura 6. *Oficinas centrales, planta de producción y distribuidores de Biofábrica en 2018.*



Fuente: Elaboración propia a partir de Biofábrica (2018).

Existe trabajo previo que muestra cómo los productos y trabajo llevados a cabo por parte de la empresa han tenido un impacto favorable en términos de productividad, impacto ambiental y desarrollo social entre pequeños productores y agricultores (Barragán y Del Valle, 2016). Biofábrica continúa trabajando en el desarrollo de nuevos productos para contar con un mayor número de opciones eficaces y eficientes que participen en el mercado de forma competitiva. Entre los nuevos desarrollos

que se están generando gracias a la vinculación generada con la academia y la construcción de capacidades tecnológicas se encuentran:

1. La producción *in vitro* de micorrizas en conjunto con el Instituto de Investigaciones Biomédicas de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), para lo cual se estudia la viabilidad técnica y económica para su comercialización. Aunque los controles de calidad garantizan la ausencia de control de patógenos en el método actualmente usado, el uso de esta nueva técnica de producción garantizará una mayor pureza del producto.
2. Un nuevo producto para el control biológico de plagas y enfermedades (basado en el uso de bacterias *bacillus*) en colaboración con el Instituto Politécnico Nacional (IPN), para lo cual ya se ha realizado trabajo de campo para evaluar su efectividad en el combate de un patógeno (*phytophthora*) en cultivos de aguacate con buenos resultados, lo cual es importante ya que el mismo patógeno ataca otros cultivos como cítricos y cacao (se encuentra en proceso de registro).
3. La elaboración de una composta cuya base principal es la cachaza de la caña que se genera como desperdicio en cada zafra. Lo cual se realiza a partir de un proceso adecuado de composteo que utiliza bacterias termófilas, y el enriquecimiento de la composta con biofertilizantes genera un producto de alta calidad. El producto es una creación propia de Biofábrica y su formulación se encuentra en constante mejora. Esto ha resultado de amplio interés para diversos productores de cultivos orgánicos, debido a que sustituye el uso de excretas (estiércol, gallinaza, etcétera) que eventualmente pueden provocar problemas a consecuencia de la presencia de microorganismos patógenos (*Escherichia coli*, *Salmonella*, etcétera).

Además, el uso de las excretas también puede afectar el suelo debido a la concentración de sales que generan. La composta, a diferencia de éstas, es asimilada de forma directa por los cultivos, generando resultados importantes en su productividad. Actualmente se cuentan con resultados favorables en el cultivo de hortalizas mediante pruebas llevadas a cabo con productores líderes. Sin embargo, aunque a partir del uso de la composta se pueden observar incrementos en la producción (agricultura convencional y orgánica), la factibilidad económica para su uso se observa, por ejemplo, en cultivos como las hortalizas y los cítricos.

En lo referente al establecimiento de alianzas, Biofábrica cuenta con una cantidad importante de convenios con actores de la academia, entre las que destacan las siguientes: a) Con Langebio del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav) están ampliando el espectro de microorganismos benéficos, para lo cual

la institución les apoya en la parte de caracterización de los mismos; *b*) En Stela-Genomics se está integrando una colección de microorganismos promotores del crecimiento y auxiliares en la fijación del nitrógeno y la solubilización del fósforo (actualmente se cuenta con un inventario de 150 microorganismos), y *c*) A través de los servicios que presta el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (Inifap) llevan a cabo sus pruebas de validación.

Finalmente, al hablar de capacidades organizacionales y de mercado, mediante la estructura actual que presenta la empresa, los ha llevado a ser un agente coadyuvante para diferentes actores a los que brindan asesoría, lo que les permite realizar una transición adecuada de la agricultura convencional a la agricultura orgánica. Producto de este trabajo, lo constituye la aceptación de los productos de Biofábrica por parte de las certificadoras de Citrofrut, una de las compañías agroindustriales más grandes de América Latina. Ello la ha llevado a convertirse en uno de sus proveedores de este insumo tecnológico para la organización. Por otro lado, las capacidades relacionadas con su parte organizacional y de comercialización se encuentran en constante desarrollo y redefinición a partir de las necesidades que constantemente presentan productores más grandes y especializados.

El enfoque de mercado ha migrado de la búsqueda de clientes al establecimiento de alianzas comerciales (asesoría), por lo que, a partir de los problemas y necesidades que los productores y empresas presentan, se cuenta con una gama importante de productos, pero que, a su vez, también tienen la posibilidad de voltear a ver a sus redes académicas para apoyarse y brindar soluciones a los nuevos problemas identificados dentro de la agroindustria. Desde su creación, la empresa ha ido creciendo y evolucionando a través de la I+D y su vinculación con otros actores, pero la redefinición de conceptos originada a partir de las necesidades del mercado les obliga a continuar trabajando de forma más intensa en su estructura organizacional y de comercialización, redefiniendo y explicitando los procesos que permitan optimizar el funcionamiento de estas capacidades.

Así, los procesos más robustos se encuentran en la parte técnica de la organización. Es claro que la empresa conoce a sus competidores y el trabajo realizado en términos de estandarización, les permite mantener la calidad requerida para ser competitivos en este mercado. De hecho, entre las acciones más relevantes que Biofábrica ha realizado para mejorar su gestión, es la construcción de alianzas con empresas distribuidoras de insumos para facilitar el acceso a sus productos por parte de sus clientes y se planea instalar una nueva planta de producción en Cuernavaca en el Parque Científico y Tecnológico-Morelos (Innovacyt), con la intención de articular la parte de producción con la investigación aplicada (Morales, comunicación personal, 20 de julio de 2017).

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El enfoque SIAL resulta de amplia utilidad para el aprovechamiento de las capacidades locales que se circunscriben dentro de un territorio en favor del desarrollo agroalimentario. Como se estableció, a través del cumplimiento del objetivo principal, se lograron identificar elementos de carácter exploratorio sobre los SIAL, la empresa local y la generación de capacidades endógenas, tanto en el ámbito tecnológico como en el organizacional. Entre estos elementos se encuentran la inclusión de tecnologías en distintas actividades productivas y la generación de competencias organizacionales, las que toman mayor relevancia cuando se hace uso de tecnologías, conocimientos y capacidades que se gestaron de forma endógena, ya que a través de este tipo de acciones se reduce la dependencia tecnológica del extranjero y se fomenta el avance científico y tecnológico del país.

Por otra parte, es claro que existe una falta de atención del campo en México, particularmente el problema se agudiza cuando se habla de pequeños productores, los que difícilmente pueden insertarse dentro del mercado global dominado por grandes compañías, por lo que la integración de tecnologías accesibles y de bajo costo se convierte en una alternativa para coadyuvar a la mitigación de los efectos económicos adversos derivados de esta competencia que se genera en condiciones de desigualdad. En el caso de los biofertilizantes, éstos han demostrado representar una opción viable para su uso por parte de pequeños y grandes productores. La adopción de este tipo de innovaciones dentro de los SIAL resulta una opción pertinente y sustentable para ayudar a reducir problemas de baja productividad de cultivos agrícolas, el combate de plagas y agentes patógenos, así como la reducción de la contaminación de suelos, tierra y agua. Lo que puede contribuir al aprovechamiento de los recursos y capacidades de los territorios para promover su desarrollo a través de proyectos de innovación social y bajo un marco de gobernanza adecuado, generando con ello mayor valor agregado dentro de las cadenas agroalimentarias a través del cultivo y suministro de productos de calidad.

Es necesario señalar que la generación de capacidades (tecnológicas, organizacionales, de mercado, etcétera), por parte de todos los actores que participan en los SIAL resulta fundamental para potenciar su correcto desarrollo. En el estudio de caso, se observa cómo Biofábrica Siglo XXI ha desarrollado un proceso de vinculación que incluye desde pequeños productores hasta empresas agrícolas. El desarrollo de capacidades tecnológicas y su constante vinculación con la academia y entidades gubernamentales, le permiten seguir introduciendo productos innovadores en el mercado. Aunque los retos para la organización son importantes, es claro que sus capacidades organizacionales y de mercado le han permitido migrar hacia otro tipo de esquemas de trabajo que apuntan hacia el crecimiento de la organización. Resulta relevante ver cómo el abordaje teórico ha permitido analizar de forma

clara y puntual; cómo el desarrollo de capacidades a nivel tecnológico y organizacional ha abonado positivamente al crecimiento y desarrollo de esta empresa. Además, ha permitido entender cuál es el papel de las Pymes y la innovación en el contexto de los SIAL.

Finalmente hay que señalar que, como lo propone el enfoque SIAL, la adopción en forma colectiva, por ejemplo, de este tipo de innovaciones por parte de productores de cultivos que cuentan con la denominación de origen (arroz, café, mango, etcétera) o aquellos que producen cultivos orgánicos, les ayudaría a mejorar la calidad de sus productos e incrementar su productividad. Lo cual no sólo añadiría mayor valor agregado a las cadenas productivas donde se hace uso de estos cultivos, sino que, además, se observa cómo la generación de tecnología endógena a través de capacidades propias, es un fenómeno que puede ser replicado en más empresas de base tecnológica y otros actores que realizan sus actividades de producción bajo las premisas de los SIAL. Ello, con la intención de atender problemas locales y demandas que se derivan del entorno global. Aunque este trabajo de investigación representa una primera aproximación y los resultados no pueden ser generalizados hacia otros casos, este acercamiento permite brindar algunos elementos explicativos que pueden constituir la base de trabajos futuros donde se estudie con mayor profundidad a los SIAL, la empresa local y el desarrollo de capacidades endógenas.

## AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Investigación y Posgrado (SIP) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) por los recursos proporcionados para el desarrollo de los proyectos números 20180919, 20195587 y 20200773. A la empresa Biofábrica por todas las facilidades otorgadas para la realización de este trabajo de investigación y a la doctora María del Carmen del Valle Rivera por todos sus valiosos comentarios.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbasi, M. K. y Yousra, M. (2012), "Synergistic effects of biofertilizer with organic and chemical N sources in improving soil nutrient status and increasing growth and yield of wheat grown under greenhouse conditions", *Plant Biosystems*, vol. 146, núm. 1, pp. 181-189, <https://doi.org/10.1080/11263504.2012.695296>.
- Alcorta, Ludovico y Peres, Wilson (1998), "Innovation systems and technological specialization in Latin America and the Caribbean", *Research Policy*, vol. 26, núm. 7-8, pp. 857-881, [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(97\)00067-X](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(97)00067-X).

- Amjad, Muhammad; Akhtar, Javaid y Rashid, Muhammad Saqib (2015), "Evaluating the effectiveness of biofertilizer on salt tolerance of cotton (*Gossypium hirsutum* L.)", *Archives of Agronomy and Soil*, vol. 61, núm. 8, pp. 1165-1177, <https://doi.org/10.1080/03650340.2014.990006>.
- Archibugi, Daniele y Pietrobelli, Carlo (2003), "The globalisation of technology and its implications for developing countries. Windows of opportunity or further burden?", *Technological Forecasting & Social Change*, vol. 70, núm. 9, pp. 861-883, [https://doi.org/10.1016/S0040-1625\(02\)00409-2](https://doi.org/10.1016/S0040-1625(02)00409-2).
- Arias Hernández, Altnay (2015), *Sistemas Agroalimentarios Localizados (SIAL)*, Palacio Legislativo de San Lázaro, CEDRSSA.
- Arocena, Rodrigo y Sutz, Judith (2001), "Changing knowledge production and Latin American universities", *Research Policy*, vol. 30, núm. 8, pp. 1221-1234, [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(00\)00143-8](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(00)00143-8).
- (2003), "Inequality and innovation as seen from the south", *Technology in Society*, vol. 25, núm. 2, pp. 171-182, [https://doi.org/10.1016/S0160-791X\(03\)00025-3](https://doi.org/10.1016/S0160-791X(03)00025-3).
- Avalos, Carlos (2009), "El polémico uso de agroquímicos", *Ecología/Revista Generación*, núm. 134, pp. 10-15, <http://www.generacion.com/secciones/biodiversidad/pdfs/Generacion-Edicion-134-biodiversidad-876.pdf>, (accedido el 11 de junio de 2017).
- Bai, Zhihui; Zhou, Chenguang; Cao, Jianxi; Xu, Shengjun; Wu, Shanghua y Li, Desheng (2014), "Effects of bacillus amyloliquefaciens biofertilizer on tea yield and quality", *Agricultural Science & Technology*, vol. 15, núm. 11, pp. 1883-1887, DOI:10.16175/j.cnki.1009-4229.2015.04.025.
- Barragán Ocaña, Alejandro y Del Valle Rivera, María del Carmen (2016), "Rural development and environmental protection through the use of biofertilizers in agriculture: an alternative for underdeveloped countries?", *Technology in Society*, vol. 46, pp. 90-99, <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2016.06.001>.
- Baum, Christel; El-Tohamy, W. y Gruda, Nazim (2015), "Increasing the productivity and product quality of vegetable crops using arbuscular mycorrhizal fungi: a review", *Scientia Horticulturae*, vol. 187, pp. 131-141, <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.03.002>.
- Behera, Uma Kanta y Rautaray, Sachin Kanta (2010), "Effect of biofertilizers and chemical fertilizers on productivity and quality parameters of durum wheat (*Triticum turgidum*) on a Vertisol of Central India", *Archives of Agronomy and Soil Science*, vol. 56, núm. 1, pp. 65-72, <https://doi.org/10.1080/03650340902911889>.
- Belderbos, René; Van Roy, Vincent y Duvivier, Florence (2012), "International and domestic technology transfers and productivity growth: firm level evidence", *Industrial and Corporate Change*, vol. 22, núm. 1, pp. 1-32. <https://doi.org/10.1093/icc/dts012>.

- Bhardwaj, Deepak; Ansari, Mohammad Wahid; Sahoo, Ranjan Kumar y Tuteja, Narendra (2014), “Biofertilizers function as key player in sustainable agriculture by improving soil fertility, plant tolerance and crop productivity”, *Microbial Cell Factories*, vol. 13, núm. 66, pp. 1-10, <https://doi.org/10.1186/1475-2859-13-66>.
- Biofábrica (2018), Biofábrica Siglo XXI, recuperado el 11 de agosto de 2018 de <http://www.biofabrica.com.mx/>.
- Boucher, François (2012), “De la AIR a los SIAL: reflexiones, retos y desafíos en América Latina”, *Agroalimentaria*, vol. 18, núm. 34, pp. 79-90, <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/35381>, (accedido el 11 de junio de 2017).
- Burachik, Gustavo (2000), “Cambio tecnológico y dinámica industrial en América Latina”, *Revista de la Cepal*, núm. 71, pp. 85-104, <http://hdl.handle.net/11362/12212>, (accedido el 3 de febrero de 2017).
- Cillo, Valentina; Rialti, Riccardo; Bertoldi, Bernardo y Ciampi, Francesco (2019), “Knowledge management and open innovation in agri-food crowdfunding”, *British Food Journal*, vol. 121, núm. 2, pp. 242-258, <https://doi.org/10.1108/BFJ-07-2018-0472>.
- De Grammont, Hubert (2001), “El campo mexicano a finales del siglo xx”, *Revista Mexicana de Sociología*, vol. 63, núm. 4, pp. 81-108, <https://doi.org/10.2307/3541469>.
- De Leonardo Ramírez, Agustín (2017), Entrevista (grabación), Cautla, Morelos, 27 de julio de 2017.
- Del Valle Rivera, María del Carmen y Barragán Ocaña, Alejandro (2014), “La vinculación como mecanismo de fomento para la innovación social: el caso de los biofertilizantes”, en Torres Salcido, Gerardo y Morales Ibarra, Marcel (coords.), *El agro y las áreas rurales en el México del siglo XXI*, México: UNAM-Coordinación de Humanidades, pp. 179-203.
- Delgado Cabeza, Manuel (2010), “El sistema agroalimentario globalizado: imperios alimentarios y degradación social y ecológica”, *Revista de Economía Crítica*, núm. 10, pp. 32-61, <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3403695>, (accedido el 11 de junio de 2017).
- Dudeja, S. S; Singh, Namita; Sharma, Poonam; Gupta, S. C.; Chandra, Ramesh; Dhar, Bansil; Bansal, R. K; Brahmaprakash, G. P; Potdukhe, S. R; Gundappagol, R. C; Gaikawad, B. G. y Nagaraj, K. S. (2011), “Biofertilizer technology and pulse production”, en Singh, Ajay; Parmar, Nagina y Kuhad, Ramesh Chander (eds.), *Bioaugmentation, Biostimulation and Biocontrol*, Heidelberg, Dordrecht, London, New York, Springer, pp. 43-63.
- El-Sirafy, Z. M.; Woodard, H. J. y El-Norjar, E. M. (2006), “Contribution of biofertilizers and fertilizer nitrogen to nutrient uptake and yield of Egyptian winter wheat”, *Journal of Plant Nutrition*, vol. 29, núm. 4, pp. 587-599, <https://doi.org/10.1080/01904160600564287>.
- Escalante Semerena, Roberto (2006), “Desarrollo rural, regional y medio ambiente”, *Economía UNAM*, vol. 3, núm. 8, pp. 70-94, <https://doi.org/10.22201/fe.24488143e.2006.008.270>.

- Fournier, Stéphane; Arvis, Blandine y Michaud, Fanny (2018), "Localized agri food systems dynamics and geographical indications as ways to reinforce food systems' sustainability? Case studies in Mongolia and Peru", 13th European IFSA Symposium, International Farming Systems Association (IFSA), 1-5 July, Chania, Greece.
- Fournier, Stéphane; Boucher, François; Cerdan, Claire; Ferré, Thierry; Sautier, Denis; Chabrol, Didier; Bridier, Bernard; Danflous, Jean-Paul; Marie-Vivien, Delphine y Robineau, Ophélie (2018), "Innovation, a precondition for the sustainability of localized agrifood systems", en Faure, Guy; Chiffolleau, Yuna; Goulet, Frédéric; Temple, Ludovic y Touzard, Jean-Marc (eds.), *Innovation and Development in Agricultural and Food Systems*, France, Éditions Quæ, pp. 83-95.
- Fournier, Stéphane y Muchnik, José (2012), "El enfoque «SIAL» (Sistemas Agroalimentarios Localizados) y la activación de recursos territoriales", *Agroalimentaria*, vol. 18, núm. 34, pp.133-144, <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/35385>, (accedido el 11 de junio de 2017).
- Gajdos, Éva; Lévai, László; Veres, Szilvia y Kovács, Béla (2012), "Effects of biofertilizers on maize and sunflower seedlings under cadmium stress", *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, vol. 43, núm. 1-2, pp. 272-279, <https://doi.org/10.1080/0103624.2011.638591>.
- Gallego Bono, Juan Ramón (2008), "Economía social y dinámica innovadora en los sistemas territoriales de producción y de innovación. Especial referencia a los sistemas agroalimentarios", *CIRIEC-España*, núm. 60, pp. 7-40, [http://ciriec-revistaeconomia.es/wp-content/uploads/6001\\_Gallego.pdf](http://ciriec-revistaeconomia.es/wp-content/uploads/6001_Gallego.pdf), (accedido el 8 de junio de 2017).
- Giacomini, Corrado y Mancini, Maria Cecilia (2015), "Organisation as a key factor in Localised Agri-Food Systems (LAFS)", *Bio-Based and Applied Economics*, vol. 4, núm. 1, pp. 17-32, DOI: 10.22004/ag.econ.205048.
- Gutman, Graciela y Gorenstein, Silvia (2003), "Territorio y sistemas agroalimentarios. Enfoques conceptuales y dinámicas recientes en la Argentina", *Desarrollo Económico*, vol. 42, núm. 168, pp. 563-587, <https://doi.org/10.2307/3455905>.
- Haneef, Irfana; Faizan, Shahla; Perveen, Rubina y Kausar, Saima (2014), "Impact of bio-fertilizers and different levels of cadmium on the growth, biochemical contents and lipid peroxidation of plantago ovata forsk", *Saudi Journal of Biological Sciences*, vol. 21, núm. 4, pp. 305-310, <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2013.12.005>.
- Herrera Tapia, Francisco (2006), "Innovaciones tecnológicas en la agricultura empresarial mexicana. Una aproximación teórica", *Revista Gaceta Laboral*, vol. 12, núm. 1, pp. 91-117, <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33612105>, (accedido el 3 de febrero de 2017).
- Higa, Teruo y Parr, James (1994), *Beneficial and Effective Microorganisms for a Sustainable Agriculture and Environment*, Japan, International Nature Farming Research Center Atami.
- Hridya, A. C; Byju, G. y Misra, Raj Sekhar (2013), "Effect of biocontrol agents and biofertilizers on root rot, yield, harvest index and nutrient uptake of cassava

- (*Manihot esculanta* Crantz), *Archives of Agronomy and Soil Science*, vol. 59, núm. 9, pp. 1215-1227, <https://doi.org/10.1080/03650340.2012.702896>.
- Kennedy, I. R., y Roughley, R. J. (2002), "The inoculant biofertiliser phenomenon and its potential to increase yield and reduce costs of crop production: the need for quality control", en Kennedy, Ivan y Choudhury, Abu T. M. A. (eds.), *Biofertilisers in Action. A Report for the Rural Industries Research and Development Corporation*, Australia, Rural Industries Research and Development Corporation, pp. 4-10.
- Ketelhöhn, Niels y Ogliastri, Enrique (2013), "Introduction: innovation in Latin America", *Academia Revista Latinoamericana de Administración*, vol. 26, núm. 1, pp. 12-32, <https://doi.org/10.1108/ARLA-05-2013-0037>.
- Kumar, Manoj; Baishya, L. K; Ghosh, D. C; Ghosh, M; Gupta, V. K. y Verma, Med Ram (2013), "Effects of organic manures, chemical fertilizers and biofertilizers on growth and productivity of rainfed potato in the eastern Himalayas", *Journal of Plant Nutrition*, vol. 36, núm. 7, pp. 1065-1082, <https://doi.org/10.1080/01904167.2013.770021>.
- Lall, Sanjaya (1992), "Technological capabilities and industrialization", *World Development*, vol. 20, núm. 2, pp. 165-186, [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(92\)90097-F](https://doi.org/10.1016/0305-750X(92)90097-F).
- Larroa Torres, Rosa María y Rodas Sánchez, Laura (2018), "¿Podemos hablar de un SIAL campesino?", en Tolentino Martínez, Jessica Mariela; Larroa Torres, Rosa María; Renard Hubert, Marie-Christine y Del Valle Rivera, María del Carmen (coords.), *Sistemas Agroalimentarios Localizados y Prácticas Agrícolas Tradicionales. Hacia una Propuesta de Política Pública para el Desarrollo Rural*, México, Conacyt, Red Sial México y Yod Estudio, pp. 21-42.
- Li, Yuan; Li, Xiyao; Liu, Yi y Barnes, Bradley R. (2011), "Knowledge communication, exploitation and endogenous innovation: the moderating effects of internal controls in SMEs", *R&D Management*, vol. 41, núm. 2, pp. 156-172, <https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.2011.00634.x>.
- Lugones, Gustavo Eduardo; Gutti, Patricia y Le Clech, Néstor (2007), "Indicadores de Capacidades Tecnológicas en América Latina", *Serie Estudios y Perspectivas*, Sede Subregional de la Cepal en México, 89, México, D. F, Naciones Unidas-Cepal-Unidad de Comercio Internacional e Industria.
- Mahanta, Dibakar; Rai, Raj K.; Mishra, Shiva Dhar; Raja, Arunkumar; Purakayastha, Tapan J. y Varghese, Eldho (2014), "Influence of phosphorus and biofertilizers on soybean and wheat root growth and properties", *Field Crops Research*, vol. 166, pp. 1-9, <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.06.016>.
- Malusa, E.; Sas-Paszt, L.; Ciesielska, J. (2012), "Technologies for beneficial microorganisms inocula used as biofertilizers", *The Scientific World Journal*, vol. 2012, pp.1-12, <https://doi.org/10.1100/2012/491206>.
- Mancini, Maria Cecilia; Arfini, Filippo y Guareschi, Marianna (2019), "Innovation and typicality in localised agri-food systems: the case of PDO Parmigiano Reggiano", *British Food Journal*, vol. 121, núm. 12, pp. 3043-3061, <https://doi.org/10.1108/BFJ-10-2018-0662>.

- Mantino, Francesco (2014), “Localised agri-food systems in Italy: strategies for competitiveness and role of institutional factors”, EAAE 2014 Congress ‘Agri-Food and Rural Innovations for Healthier Societies’, 26-29, August, Ljubljana, Slovenia.
- Mantino, Francesco y Vanni, Francesco (2018), “The role of localized agri-food systems in the provision of environmental and social benefits in peripheral areas: Evidence from two case studies in Italy”, *Agriculture*, vol. 8, núm. 8, 120, pp. 1-19, <https://doi.org/10.3390/agriculture8080120>.
- Materia, Valentina C.; Pascucci, Stefano y Dries, Liesbeth (2017), “Are in-house and out-sourcing innovation strategies correlated? Evidence from the European agri-food sector”, *Journal of Agricultural Economics*, vol. 68, núm. 1, pp. 249-268, <https://doi.org/10.1111/1477-9552.12206>.
- McAdam, Maura; McAdam, Rodney; Dunn, Adele y McCall, Clare (2016), “Regional horizontal networks within the SME agri-food sector: An innovation and social network perspective”, *Regional Studies*, vol. 50, núm. 8, pp. 1316-1329, <https://doi.org/10.1080/00343404.2015.1007935>.
- McMahon, Dominique y Thorsteinsdóttir, Halla (2013), “Pursuing endogenous high-tech innovation in developing countries: A look at regenerative medicine innovation in Brazil, China and India”, *Research Policy*, vol. 42, núm. 4, pp. 965-974, <https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.12.003>.
- Moguillansky, Graciela (2006), “Innovation, the Missing Link in Latin American countries”, *Journal of Economic Issues*, vol. 40, núm. 2, pp. 343-357, <https://doi.org/10.1080/00213624.2006.11506912>.
- Monem, Mohamed A. S. Abdel; Khalifa, Hamdy E.; Beider, Moustafa; Ghandour, Ismail A. El y Galal, Yehia G. M. (2001), “Using biofertilizers for maize production: response and economic return under different irrigation treatments”, *Journal of Sustainable Agriculture*, vol. 19, núm. 2, pp. 41-48, [https://doi.org/10.1300/J064v19n02\\_05](https://doi.org/10.1300/J064v19n02_05).
- Montoro, Ymelda; Moreno, Rocío; Gomero, Luis y Reyes, Maria (2009), “Características de uso de plaguicidas químicos y riesgos para la salud en agricultores de la sierra central del Perú”, *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, vol. 26, núm. 4, pp. 466-472, <https://rpmesp.ins.gob.pe/rpmesp/article/view/1409>, (accedido el 11 de junio de 2017).
- Mora Ravelo, Sandra Grisell; Sandoval Villa, Manuel; Gavi Reyes, Francisco y Sánchez García, Prometeo (2005), “Emisión de N<sub>2</sub>O con fertilización nitrogenada en fertirriego y fertilización convencional”, *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, vol. 21, núm. 1, pp. 23-29, <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/22568>, (accedido el 12 de junio de 2017).
- Morales Ibarra, Marcel (2017), Entrevista (grabación), Ciudad de México, 20 de julio de 2017.

- Moreno Mena, José A. y López Limón, Mercedes Gema (2005), “Desarrollo agrícola y uso de agroquímicos en el valle de Mexicali”, *Estudios Fronterizos*, vol. 6, núm. 12, pp. 119-153, <https://doi.org/10.21670/ref.2005.12.a05>.
- Muchnik, José; Sanz Cañada, Javier y Torres Salcido, Gerardo (2011), “Sistemas agroalimentarios localizados: estado de las investigaciones y perspectivas”, *Estudios Latinoamericanos*, Nueva Época, núm. 27-28, pp. 33-49, <http://dx.doi.org/10.22201/cella.24484946e.2011.27-28.49375>.
- Onwuegbuzie, Anthony J. y Leech, Nancy L. (2010), “Generalization practices in qualitative research: a mixed methods case study”, *Quality & Quantity*, vol. 44, núm. 5, pp. 881-892, <https://doi.org/10.1007/s11135-009-9241-z>.
- Peón, David y Martínez-Filgueira, Xosé (2020), “Determinants of investing in innovative activities by agri-food and KIBS firms in rural areas: An exploratory analysis”, *Journal of Small Business Management*, vol. 58, núm. 6, pp. 1155-1186, <https://doi.org/10.1111/jsbm.12513>.
- Pomareda, Carlos y Hartwich, Frank (2006), *Innovación agrícola en América Latina. Comprendiendo el papel del sector privado*, USA, Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias-IFPRI.
- Ravenswood, Katherine (2011), “Eisenhardt’s impact on theory in case study research”, *Journal of Business Research*, vol. 64, núm. 7, pp. 680-686, <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2010.08.014>.
- Riveros Cañas, R. Antonio y Boucher, François (2018), “SIAL, circuitos cortos de comercialización y dinamización económica incluyente de los territorios rurales”, en Tolentino Martínez, Jessica Mariela; Larroa Torres, Rosa María; Renard Hubert, Marie-Christine y Del Valle Rivera, María del Carmen (coords.), *Sistemas Agroalimentarios Localizados y Prácticas Agrícolas Tradicionales. Hacia una Propuesta de Política Pública para el Desarrollo Rural*, México, Conacyt, Red Sial México y Yod Estudio, pp. 43-65.
- Rocha dos Santos, Renato y Guarnieri, Patricia (2020), “Social gains for artisanal agroindustrial producers induced by cooperation and collaboration in agri-food supply chain”, *Social Responsibility Journal*, (antes de la publicación), <https://doi.org/10.1108/SRJ-09-2019-0323>.
- Rojas Rodríguez, Kattia y Ortuño, Noel (2007), “Evaluación de micorrizas arbusculares en interacción con abonos orgánicos como coadyuvantes del crecimiento en la producción hortícola del Valle Alto de Cochabamba, Bolivia”, *Acta Nova*, vol. 3, núm. 4, pp. 697-719, [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1683-07892007000200005&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892007000200005&lng=es&tlng=es), (accedido el 12 de junio de 2017).
- Ruiz Ortega, María José (2010), “Competitive strategies and firm performance: technological capabilities’ moderating roles”, *Journal of Business Research*, vol. 63, núm. 12, pp. 1273-1281, <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2009.09.007>.

- Rush, Howard; Bessant, John y Hobday, Mike (2007), "Assessing the technological capabilities of firms: developing a policy tool", *R&D Management*, vol. 37, núm. 3, pp. 221-236, <https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.2007.00471.x>.
- Salas Casasola, Ina; Boucher, François y Requier-Desjardins, Denis (2006), "Agroindustria rural y liberalización comercial agrícola: el rol de los sistemas agroalimentarios localizados", *Agroalimentaria*, núm. 22, pp. 29-40, <http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/agroalimentaria/article/view/1391>, (accedido el 13 de febrero de 2021).
- Saint-Ges, Véronique; Tanguy, Corinne y Thivet, Delphine (2021), "Innovations in agri-food systems-International trends", *Journal of Innovation Economics & Management*, vol. 1, núm. 34, pp. 1-5, <https://doi.org/10.3917/jie.034.0001>.
- Sánchez López, Diana Beatriz; Gómez-Vargas, Ruth Milena; Garrido Rubiano, María Fernanda y Bonilla Buitrago, Ruth Rebeca (2012), "Inoculación con bacterias promotoras de crecimiento vegetal en tomate bajo condiciones de invernadero", *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 3, núm. 7, pp. 1401-1415, <https://doi.org/10.29312/remexca.v3i7.1346>.
- Santillana, Nery; Arellano, Consuelo y Zúñiga, Doris (2005), "Capacidad del *Rhizobium* de promover el crecimiento en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller)", *Ecología Aplicada*, vol. 4, núm. 1, 2, pp. 47-51, [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162005000100007&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162005000100007&script=sci_arttext&tlng=en), (accedido el 11 de junio de 2017).
- Seawright, Jason y Gerring, John (2008). "Case selection techniques in case study research: A menu of qualitative and quantitative options", *Political Research Quarterly*, vol. 61, núm. 2, pp. 294-308, <https://doi.org/10.1177/1065912907313077>.
- Seneviratne, G; Peyvast, G. A; Olfati, J. A. y Kariminia, A. (2009), "Rhizobia as biofertilizers for mushroom cultivation", *Current Science*, vol. 96, núm. 12, p. 1559, <https://ojs.currentscience.ac.in/index.php/csblr>, (accedido el 3 de febrero de 2017).
- Sharma, Shilpi; Gupta, Rashi; Dugar, Gaurav; Srivastava, Ashok K. (2012), "Impact of application of biofertilizers on soil structure and resident microbial community structure and function", en Maheshwari, Dinesh K. (ed.), *Bacteria in Agrobiolgy: Plant Probiotics*, Heidelberg, New York, Dordrecht, London, Springer, pp. 56-77.
- Shen, Zongzhuang; Zhong, Shutang; Wang, Yangong; Wang, Beibei; Mei, Xinlan; Li, Rong; Ruan, Yunze y Shen, Qirong (2013), "Induced soil microbial suppression of banana fusarium wilt disease using compost and biofertilizers to improve yield and quality", *European Journal of Soil Biology*, vol. 57, pp. 1-8, <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2013.03.006>.
- Singh, Jay Shankar; Pandey, Vimal Chandra y Singh, D. P. (2011), "Efficient soil microorganisms: a new dimension for sustainable agriculture and environmental development", *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 140, núm. 3-4, pp. 339-353, <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.01.017>.

- Sutz, Judith (2000), “The university–industry–government relations in Latin America”, *Research Policy*, vol. 29, núm. 2, pp. 279-290, [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00066-9](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00066-9).
- Tepić, Mersiha (2012), *Innovation Capabilities and Governance in the Agri-Food Sector* (Thesis), Wageningen, Wageningen University.
- Tolentino Martínez, Jessica Mariela (2014), “La producción de arroz del estado de Morelos: una aproximación desde el enfoque SIAL”, *Estudios Sociales*, vol. 22, núm. 44, pp. 38-61, <https://www.ciad.mx/estudiosociales/index.php/es/article/view/137>, (accedido el 11 de junio de 2017).
- Tolentino Martínez, Jessica Mariela y Del Valle Rivera, María D. C. 2018, “Territorial governance and social innovation: The cases of San Pedro Capula’s artisanal cheese and the rice (*Oryza Sativa*) of Morelos, Mexico”, *Agriculture*, vol. 8, núm. 2 (23), pp. 1-11, <https://doi.org/10.3390/agriculture8020023>.
- Torres Salcido, Gerardo (2012), “Sistemas agroalimentarios localizados. Innovación y debates desde América Latina”, en Boucher, François; Espinoza Ortega, Angélica y Pensado Leglise, Mario del Roble (coords.), *Sistemas agroalimentarios localizados en América Latina. Alternativas para el desarrollo territorial*. México, Miguel Ángel Porrúa y otros, pp. 35-85.
- Torres-Salcido, Gerardo; Meiners-Mandujano, Rodrigo; Morales-Córdova, David A.; Marina-Carral, Velia y Alonso-Torres, Gerardo (2015), “Agricultura familiar y sistema agroalimentario localizado. Políticas locales para la producción de cuitlacoche (*Ustilago Maydis* sp.)”, *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, vol. 12, núm. 2, pp. 199-218, <https://doi.org/10.22231/asyd.v12i2.148>.
- Varga, Attila (2000), “Local academic knowledge transfers and the concentration of the economic activity”, *Journal of Regional Science*, vol. 40, núm. 2, pp. 289-309, <https://doi.org/10.1111/0022-4146.00175>.
- Yepis Vargas, Olga; Fundora Herrera, Onelio; Pereira Marín, Carlos y Crespo Borges, Tomás (1999), “La contaminación ambiental por el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados en el cultivo del tomate”, *Scientia Gerundensis*, núm. 24, pp. 5-12, <https://revistes.udg.edu/scientia-gerundensis/article/view/1633>, (accedido el 12 de junio de 2017).
- Zaidi, Almas; Ahmad, Ees; Khan, Mohammad Saghir; Saif, Saima y Rizvi, Asfa (2015), “Role of plant growth promoting rhizobacteria in sustainable production of vegetables: current perspective”, *Scientia Horticulturae*, vol. 193, pp. 231-239, <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.07.020>.
- Zaridis, A.; Vlachos, I. y Bourlakis, M. (2020), “SMEs strategy and scale constraints impact on agri-food supply chain collaboration and firm performance”, *Production Planning & Control*, publicado en línea, <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1796136>.