

RED DE ACTANTES HUMANOS Y NO HUMANOS IMPLICADOS EN EL DESARROLLO DE UN BIOFERTILIZANTE A PARTIR DE BACTERIAS ENDÓFITAS PARA LA PRODUCCIÓN DE ARROZ EN EL VALLE DEL CAUCA

Juan Camilo Montoya-Díaz

Planteamiento del Problema y Justificación

El arroz ha sido un cultivo base en la ingesta alimenticia en Colombia. Sin embargo, su consumo se ha visto cuadruplicado desde las décadas de 1960 y 1970, en gran medida ayudado por la apuesta agrícola del país con la Revolución Verde, por medio de la liberación de variedades obtenidas a través de los programas de mejoramiento genético y al uso masivo de fertilizantes inorgánicos que permitieron aumentar de manera vertiginosa el rendimiento de estos cultivos, lo que tuvo también relación directa con la reducción del precio del arroz en el mercado (Espinal, Martínez Covalada, & Acevedo Gaitán, 1991; FLAR, 2016; GRiSP, 2013; Ricepedia, 2013). Sin embargo, para llegar a estas cifras fue necesario catapultar al país al desarrollo agrícola que hoy ejemplifican zonas como el valle geográfico del Cauca. Desde las estaciones experimentales de finales de los años 1920, pasando por la misión Chardon en los 1930, hasta llegar a los programas agrícolas con financiación extranjera y los centros de investigación como el CIAT, el Valle del Cauca ha sido un lugar estratégico en el desarrollo y la expansión de cultivos de "alto rendimiento" para América Latina y otras partes del globo, siendo considerado como una de las piedras angulares en el desarrollo de la Revolución Verde (CIAT, 2019; Lorek, 2013, 2016).

Por su parte, la cantidad de fertilizantes inorgánicos empleados en la siembra de arroz en Colombia ha llegado incluso a aumentar más de 37 veces en la actualidad, respecto a las cantidades empleadas a inicios de la década de 1960, representando cerca de 1/5 del costo de su producción total (FEDEARROZ, 2018b; Ricepedia, 2013). A pesar de ello, se estima que alrededor del 50-75% de los nutrientes proveídos por tales fertilizantes no sólo no son aprovechados por las plantas, sino que conducen a diversas repercusiones ecosistémicas y económicas importantes (Bouwman et al., 2013; McLaughlin, 2016; Saarenheimo et al., 2015; Wu et al., 2018; Yameogo, Segda, Dakouo, & Sedogo, 2013).

Una nueva estrategia ha surgido a lo largo de las últimas décadas para generar una solución parcial a los problemas derivados del uso de fertilizantes inorgánicos en la producción de arroz, posicionando a los microorganismos endófitos, entre ellos hongos y bacterias, como aliados candidatos para la optimización del uso de nutrientes en los suelos (Kraehmer, Thomas, & Vidotto, 2017). El Laboratorio de Fisiología Molecular Vegetal de la Universidad Icesi, ubicado en el Valle del Cauca, en cabeza de la investigadora Thaura Ghneim, ha realizado una apuesta por desarrollar un biofertilizante a partir de bacterias endófitas de arroz, de tal manera que éste le sirva a la planta para aprovechar más los nutrientes disponibles en el suelo, para lo cual han logrado aislar y caracterizar diversas bacterias endófitas promotoras del crecimiento vegetal del género *Oryza*. No obstante, aún es necesario evaluar la coexistencia de dichas cepas y el efecto

de los poli-inóculos candidatos sobre el crecimiento vegetal para proceder con el diseño del biofertilizante.

Es necesario plantear que los biofertilizantes como agentes se inscriben en un contexto problemático más amplio al vivido en un laboratorio, donde diversos actantes humanos y no humanos se articulan entre sí creando una red intrincada desde diversas posiciones y controversias (Callon, 1984; Latour, 2005). Sin embargo, es precisamente el trabajo de laboratorio el que permite no solo aportar experimentalmente al desarrollo del biofertilizante, sino también generar una aproximación al conocimiento de las plantas de arroz y las bacterias endófitas desde lo que ellas mismas sugieren, actuando como puente para poder conocer su posición en relación con los actantes humanos. A su vez, conocer la red de posiciones alrededor de los biofertilizantes permite dar senderos para diseñar el biofertilizante mismo de tal manera que tenga mayor probabilidad de ser aceptado por su consumidor final, los agricultores.

Con todo lo anterior en conjunto, el desarrollo de un biofertilizante que permita mitigar los impactos económicos y ambientales derivados del uso de fertilizantes inorgánicos en la producción de arroz en Colombia no solo se presenta como una oportunidad para rastrear la red de actantes humanos y no humanos implicados en el desarrollo de un biofertilizante para la producción de arroz en el Valle del Cauca, sino que con ello permite también pensar en la inclusión de los contextos de dichos actantes en el diseño mismo del biofertilizante, como un trabajo de construcción en conjunto desde la biología hacia la antropología, y de la antropología hacia la biología.

Preguntas de Investigación

A partir de lo anteriormente planteado, resulta la pregunta respecto a cómo se constituye el contexto de relaciones de actantes humanos y no humanos en el que se encuentran inmersos los biofertilizantes elaborados a partir de bacterias endófitas para la producción de arroz en el Valle del Cauca.

Objetivo General

Construir el contexto de relaciones de actantes humanos y no humanos en el que se encuentran inmersos los biofertilizantes elaborados a partir de bacterias para la producción de arroz en el Valle del Cauca.

Objetivos Específicos

1. Evaluar la coexistencia en poli-inóculos de cepas bacterianas promotoras del crecimiento vegetal aisladas del género *Oryza*.

2. Evaluar el efecto de los poli-inóculos candidatos a ser utilizados en la formulación del biofertilizante sobre el crecimiento de *O. sativa*.
3. Caracterizar los actantes humanos y no humanos implicados en el desarrollo de un biofertilizante elaborado a partir de bacterias endófitas para la producción de arroz en el Valle del Cauca
4. Determinar la agencia de actantes humanos y no humanos implicados en el desarrollo de un biofertilizante elaborado a partir de bacterias endófitas para la producción de arroz en el Valle del Cauca.
5. Analizar las articulaciones de las relaciones de actantes humanos y no humanos implicados en el desarrollo de un biofertilizante elaborado a partir de bacterias endófitas para la producción de arroz en el Valle del Cauca.

MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

Agricultura Sustentable

Durante décadas los estudios alrededor de la agricultura han sido abordados, desde diversas áreas, como la fisiología vegetal, la genética vegetal, la biotecnología vegetal, la patología vegetal, la agronomía, y demás, en presentar soluciones a diversas problemáticas que han estado vinculadas a la necesidad de aumentar el rendimiento de los cultivos para dar abasto a una población cada vez más creciente, desarrollando estudios desde la fertilidad de las plantas, pasando por los mecanismos que confieran tolerancia a condiciones de estrés biótico y abiótico, hasta el estudio de ciclos metabólicos (Ghneim-Herrera et al., 2017; Lin et al., 2016; Smith, 2007).

Sin embargo, en las últimas décadas ha surgido un reto extra al campo, relacionado a cómo disminuir los impactos ambientales a los que han conducido los modelos de producción masiva e industrializada en la agricultura (Arora, 2017). En el caso particular del uso de fertilizantes inorgánicos en la producción de arroz, aquellos hegemonizados por las prácticas de producción capitalistas, se estima que tan solo cerca del 25-50% y 15-30% del nitrógeno y fósforo de los fertilizantes NPK, respectivamente, y aproximadamente 1/3 del nitrógeno aportado por la urea, es aprovechado de manera efectiva por medio de la producción de biomasa por los cultivos (Arora, 2017; Wu et al., 2018; Yameogo et al., 2013). El remanente de dichos nutrientes conlleva a repercusiones económicas y ambientales graves derivadas de la emisión de metano, gas promotor del efecto invernadero, la eutrofización, la alteración de equilibrios ecológicos y la acidificación de los suelos (Egea Serrano, 2010; Ferreira, Nascimento-Junior, Santos, Botter-Carvalho, & Pinto, 2015; Foy, 2005; Kraehmer et al., 2017; McLaughlin, 2016; Park et al., 2012; Saarenheimo et al., 2015; Shakoar et al., 2018; Wu et al., 2018; Yameogo et al., 2013).

Debido a las causas anteriormente presentadas, han surgido estrategias para mitigar los efectos negativos producto del uso de fertilizantes inorgánicos en la producción de arroz, con intereses tanto económicos como ecológicos (Kraehmer et al., 2017). Entre las estrategias planteadas han surgido el uso eficiente de fertilizantes de acuerdo al ecosistema en el que se cultiva el arroz, las

variedades cultivadas, las condiciones del suelo, el estadio de las plantas y la época del año en la que se cultiva (Kraehmer et al., 2017; Norman, Trenton, Slaton, & Wilson, 2013). Se ha optado también por emplear el uso de inhibidores de la nitrificación, inhibidores de la ureasa y fertilizantes nitrogenados de liberación lenta (Prasad, 2013). A su vez, los estudios en microbiología y fisiología vegetal han propuesto usar microorganismos, tales como hongos, algas y bacterias, de vida libre, es decir, aquellos que viven en la rizósfera, y microorganismos endófitos, aquellos que viven dentro de las plantas, como aliados en la reducción del uso de fertilizantes inorgánicos al optimizar la captura de nutrientes por parte de las plantas gracias a sus relaciones simbióticas, actuando así como biofertilizadores (Imran Afzal, Zabta Khan Shinwari, Shomaila Sikandar, & Shaheen Shahzad, 2019; Kraehmer et al., 2017; Rakesh Kumar, Narendra Kumawat, & Yogesh Kumar Sahu, 2017).

Entre las bondades generadas a partir de los ciclos de vida de los microorganismos que pueden ser de provecho para las plantas, se han logrado rastrear, a partir de diversos estudios compilados por Hatay, (1) la capacidad de producir enzimas que reducen los niveles de etileno en las raíces, promoviendo el crecimiento del sistema radicular (Li, Ovakim, Charles, & Glick, 2000); (2) la producción directa de fitohormonas, hormonas vegetales, como auxinas (Patten & Glick, 2010), ácido abscísico (ABA) (Dangar & Basu, 1987), ácido giberélico (GA) y citoquininas (Dey, Pal, Bhatt, & Chauhan, 2004); (3) la fijación de nitrógeno (Kennedy & Tchan, 1992); (4) el efecto antagónico sobre bacterias fitopatógenas (Cattelan, Hartel, & Fuhrmann, 1999); (5) la solubilización y mineralización de nutrientes, principalmente de fósforo y hierro, por medio de sideróforos (de Freitas, Banerjee, & Germida, 1997; Richardson, 2001); (6) la resistencia a la sequía (Alvarez, Sueldo, & Barassi, 1996), a la salinidad, a la inundación (Saleem, Arshad, Hussain, & Bhatti, 2007) y al estrés oxidativo (Štajner, Kevrešan, Gašić, Mimica-Dukić, & Zongli, 1997); y (7) la producción de vitaminas del grupo B solubles en agua, tales como nicina, ácido pantoténico, tiamina, riboflavina y biotina (Revillas, Rodelas, Pozo, Martínez-Toledo, & González-López, 2000; Victoria Martinez-Toledo, Rodelas, Salmeron, Pozo, & Gonzalez-Lopez, 1996).

Diversos estudios han mostrado resultados prometedores de la implementación de biofertilizantes en la producción arrocería respecto a la reducción de los efectos ambientales del cultivo (Baldani, de Oliveira, Estrada, Baldani, & Urquiaga, 2012; Gamal-Eldin & Elbanna, 2011; Jochum, Moncayo, & Jo, 2018; Kantachote, Nunkaew, Kantha, & Chaiprapat, 2016; Khan, 2018; Nunkaew, Kantachote, Nitoda, & Kanzaki, 2015). En el caso colombiano, hasta el año 2018 se reportaron 47 inoculantes biológicos de venta libre en el mercado desarrollados en el país, de acuerdo al listado aportado por el ICA (Afanador Barajas, 2017). Se estima que cerca del 16% de los inóculos está dirigido para los cultivos de arroz. Sin embargo, la acogida de estos biofertilizantes en Colombia, en especial para el caso del arroz, ha sido un proceso complejo (V. Esquivel, Comunicación personal, 6 Abril de 2019).

Los estudios desde la biología permiten no solo medir el impacto de los problemas ambientales que acarrea la agricultura, sino que también dan la oportunidad de pensar en estrategias que sirven para mitigar dichas repercusiones en el cultivo, en este caso, de arroz, bajo un modelo de producción capitalista. A su vez, el campo de la biología permite acercarse al conocimiento de las plantas de arroz y las bacterias a partir de su propia ontología, lo que se relaciona con su

agencia como plantas y bacterias en la investigación y en el desarrollo del biofertilizante, pues pueden existir relaciones de antagonismo o sinergias entre las bacterias, así como rechazo o reconocimiento de las plantas frente a las bacterias, lo que constituye asuntos netamente ligados a ellas mismas. En lo que compete al campo de investigación netamente de laboratorio, esta investigación propone generar aportes en el desarrollo de un biofertilizante a partir de bacterias endófitas para la producción de arroz, el cual pueda estar diseñado a partir de las posiciones de los actantes enlazados a este.

Ecología Política

La Ecología Política es un campo del saber que se ha dedicado, se podría decir, a evidenciar y reflexionar sobre relaciones políticas, económicas y ecológicas, donde comprende que los efectos ecológicos no son ahistóricos y apolíticos, sino que están trazados por todo un entramado de lazos (Paul Robbins, 2012). Los estudios desde la Ecología Política han permitido entender que el problema de la hambruna, por ejemplo, en África, no radica, como se ha tendido pensado, en un asunto relacionado con la escasez de técnicas apropiadas para aumentar el rendimiento de los cultivos, sino más bien en un problema de las políticas económicas de desarrollo agrícola que han conllevado a cambios en el modelo de producción de alimentos y en los sistemas de distribución de estos, que no solo ha hecho que se generen monocultivos, sino que ha permitido que se rompan de manera profunda los lazos comunitarios (Watts, 2013). La Ecología Política pone en conocimiento que las producciones agrícolas permiten dar abasto a toda la población mundial, sin embargo, son todos aquellos intereses políticos y económicos los que impiden que dichos alimentos lleguen a las manos de las poblaciones con mayor necesidad (Bravo et al., 2010; Watts, 2013).

Del mismo modo, los estudios desde la Ecología Política permiten entender que el arroz se constituye como un alimento básico de la canasta familiar de los colombianos no necesariamente por sus atributos nutricionales, sino más bien por su accesibilidad, pues, si se desagregan las estadísticas de consumo de arroz en Colombia de acuerdo a variables como épocas de consumo del arroz y estrato socioeconómico de los consumidores, se podrá rastrear la correlación positiva de un mayor consumo de arroz por parte de las poblaciones con menores ingresos económicos, sobre todo cuando el precio del arroz es inferior al de otros alimentos farináceos (Espinal et al., 1991). Lo anterior constituye un fenómeno particular, puesto a que con la llegada del arroz a Colombia en los siglos VX-VXI este alimento se consolidó como exclusivo de las élites, y que incluso hizo las veces de moneda de cambio, lo que sugiere que con el paso del tiempo sirvió como herramienta para sustituir alimentos nativos como la quinua en un proceso de “blanqueamiento” racial (Spijkers, 1981).

Del mismo modo, puede rastrearse un aumento en el consumo general de arroz en Colombia a partir de la década de 1960, como consecuencia del auge de la Revolución Verde y los avances científicos a partir de la implementación de las estaciones experimentales de finales de los años 1920, pasando por la misión Chardon en 1930, hasta llegar a los programas agrícolas con financiación extranjera y los centros de investigación como el CIAT, FEDEARROZ y el ICA, y la consecuente liberación de variedades obtenidas a través de los programas de mejoramiento

genético, y el aumento en el uso de agroquímicos como pesticidas y fertilizantes inorgánicos, donde las cantidades de uso de este último han aumentado más de 32 veces en la actualidad, respecto a los usados a inicio de 1960 (Espinal et al., 1991; FLAR, 2016; GRiSP, 2013; Lorek, 2013, 2016; Ricepedia, 2013; Spijkers, 1981). Los estudios desde la Ecología Política permiten entender, a su vez, que si bien el Valle del Cauca es uno de los terrenos más adecuados para la siembra de arroz en Colombia, los intereses económicos hacen hegemónico el cultivo de caña (Lorek, 2013; Martínez, 2002).

La Ecología política aporta herramientas que han permitido entender que los efectos ecológicos de erosión génica, pérdida de diversidad, uso desmesurado de agroquímicos, alteraciones en los equilibrios ecológicos, degeneración de los suelos, agotamiento de cuentas hídricas e incluso generación de gases de efecto invernadero y procesos de acidificación de los suelos no son políticamente inertes (Gilbert et al., 2015; Haraway, 2015, 2016; Issberner & Léna, 2018). Dichos efectos son el resultado de una serie de prácticas agrícolas enmarcadas en un cuadro de relaciones de intereses económicos y políticos que siguen un modelo de producción capitalista de altos rendimientos en el menor tiempo posible, acentuado con mayor profundidad desde la Revolución Verde, el cual realiza una apuesta por cultivar pocas especies y variedades, las cuales van acompañadas de una serie de paquetes tecnológicos de producción para poder observar aumentos significativos en la producción (Shiva, 1993). Los daños generados a partir de estos modelos de producción son tan profundos, que incluso se considera que podrían constituir una nueva era geológica paralela al Antropoceno denominada como Plantatioceno (Haraway, 2016). Es más, la Ecología Política otorga el poder de rastrear los orígenes de la desvirtualización de la naturaleza orgánica en la *techo-naturaleza* y la *naturaleza capitalista*, cuyas raíces son subyacentes en la imagen de un superhombre propuesto por Nietzsche, al que preferiría referirme como superhumano, que germinó en las personas la idea de poder subordinar, transformar y explotar la naturaleza de acuerdo a intereses económicos, conduciendo a la muerte entrópica del planeta de forma rampante (Escobar, 2010; Leff, 2004).

Estos análisis desde la Ecología Política permiten plantear que el interés del estudio del arroz no surge de manera espontánea como un elemento aislado, sino que es el resultado de un entramado histórico más complejo que lo posiciona como un componente importante en los modelos de desarrollo agrícola que han sido direccionados a partir de una serie de intereses políticos y económicos, lo cual ha conllevado en la actualidad a atravesar por una serie de conflictos sociales y ambientales. Así pues, los análisis desde la ecología política permiten crear contextos donde se comprende que diversos actantes se encuentran enmarcados alrededor de las problemáticas ambientales, lo que abre una oportunidad a pensar en un estudio que pueda tener en cuenta dichos actantes para poder analizar, en este caso, el uso de biofertilizantes en la producción de arroz en el Valle del Cauca. A su vez, este estudio plantea un preciado aporte a la Ecología Política, pues permite generar un contexto de relaciones políticas y económicas frente a la producción y consumo de arroz en Colombia, más específicamente en el Valle del Cauca, a la vez que pone en práctica la caja de herramientas de análisis que ofrece este campo del saber.

Estudios en Ciencia, Tecnología y Sociedad

Los estudios en Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) son un campo dinámico e interdisciplinario donde convergen intereses del estudio de procesos y resultados de la ciencia, cuyos debates tienen repercusiones en el entendimiento del mundo moderno. De esta manera, los estudios en CTS estudian cómo el conocimiento científico y los artefactos tecnológicos se construyen a partir de una serie de interacciones sociales, políticas y culturales, es decir, a partir de unos actantes (Sismondo, 2010).

Con base en diversos estudios, Lynn Margulis propuso que las bacterias constituyen un motor evolutivo sui géneris, pues, si se pone a pensar, todo ser vivo ha emergido y se ha perseverado (o no) permeado y envuelto en bacterias y arqueas, gracias a procesos endosimbióticos, haciendo que ningún ser viviente sea estéril (Haraway, 2016; Margulis, 2002). A partir de esto, los estudios en CTS permiten plantear escenarios donde los seres vivos no sean pensados como sistemas autopoyéticos, es decir, autoregenerativos, cerrados, esféricos y deterministas, sino como simpoéticos, entendidos como constituyentes de intra e inter-acciones, como “sistemas de producción colectiva que no tienen límites espaciales o temporales autodefinidos” (Dempster, 1998) siendo así el resultado de un complejo de relaciones de seres sobre el mismo ser, viviendo y muriendo con el otro (Haraway, 2016).

Los modelos de interdependencia anteriormente mencionados permiten ser hilvanados con la teoría de las *String Figures*, o Figuras de Cuerda, y con la *Actor-Network Theory*, o Teoría del Actor-Red, a la que preferiría referirme como Teoría del Actante-Red, pues se empiezan a concebir a los actantes humanos y no humanos precisamente como eso, como actantes, como hilos interconectados, donde la presencia, la ausencia o el reajuste de cualquiera de estos puntos de anclaje lograrán afectar la composición y la solidez de la estructura de relaciones macro, independientemente de la naturaleza del actante, de la técnica en cuestión, y demás elementos susceptibles de tener agencia en tal red (Haraway, 2016; Latour, 2005). A partir de lo anterior se pueden generar análisis complejos, pues la teoría de las Figuras de Cuerda y la Teoría del Actante Red permiten poner en igualdad de condiciones los conocimientos provenientes de los distintivos actantes, sin distinciones jerárquicas en cuanto a la validez de los relatos (Haraway, 2016; Latour, 2005; Callon, 1984). De este modo, los aportes de las CTSs dan lugar al estudio de los actantes y de las prácticas mismas hegemónicas y no hegemónicas, conociendo sus posicionamientos y su agencia dentro de las redes.

Las apuestas teóricas de Callón (1984) logran nutrir los análisis al proveer las propuestas de Asociación Libre, Agnosticismo y Simetría Generalizada. La Asociación Libre parte de la necesidad de partir del hecho de que las ciencias sociales como las naturales son igualmente inciertas, discutibles y ambiguas, lo que hace que sea imposible hacerlas jugar papeles distintos en los análisis, abandonando toda distinción a priori entre sucesos naturales y sociales. Por su parte, el Agnosticismo conduce a no privilegiar ningún punto de vista ni censurar ninguna interpretación; no fijar la identidad de ningún actante si aún ésta está en negociación. Finalmente, la Simetría Generalizada busca proponer el uso de un mismo vocabulario de traducción para las narraciones de los actantes humanos y no humanos, sin distinciones de poder.

Es importante tener en cuenta que si bien algunos desarrollos tecnológicos han conducido a los daños ecológicos profundos como se ha presentado, tampoco puede caerse en el error de pensar en los arreglos tecnológicos como enemigos, pues ellos pueden hacer muchas cosas importante para mantenerse con el problema y hacer una generación (Haraway, 2016). Los planteamientos teóricos de las CTSs han permitido plantear el ideal de un escenario de mundo donde se mantenga con el problema, *Staying with the Trouble*, un escenario donde no se quede con una imagen de un pasado edénico ni de un futuro apocalíptico, sino donde las criaturas, mortales, estén entrelazadas en configuraciones inacabadas de lugares, tiempos, asuntos y significados, para que en la medida de lo posible se logre dar una recuperación y recomposición de lo biológico-cultural-político-tecnológico (Haraway, 2016).

Así pues, los estudios en CTS brindan la oportunidad de integrar una serie de actantes: Las bacterias, que colonizan las plantas y promueven el crecimiento vegetal a través de diversos compuestos, las plantas de arroz, que permiten la colonización de las bacterias, crecen y producen granos de arroz. Los laboratorios de investigación, que son el primer punto donde se produce conocimiento alrededor de las plantas de arroz y las bacterias y, a su vez, generan las formulaciones de los biofertilizantes. El Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, que establece, regula y vigila el cumplimiento de los parámetros necesarios para generar las formulaciones de los inoculantes biológicos aptos para su comercialización en Colombia (*Resolución No. 00375*, 2004) ICA. Las empresas productoras de inoculantes biológicos son, como su nombre lo indica, quienes producen y comercializan los biofertilizantes. La Secretaría de Ambiente, Agricultura y Pesca del Valle del Cauca, SAAP, que formula y coordina las políticas de seguridad alimentaria y de desarrollo rural del departamento, a la vez que establece los mecanismos que permiten incrementar la productividad agrícola mediante el empleo de tecnologías más limpias (*Decreto No. 1650*, 2012). La Federación Nacional de Arroceros, FEDEARROZ, como gremio representante de los arroceros que promueve el desarrollo tecnológico y la investigación (FEDEARROZ, 2019). Los arroceros, de gran y pequeña escala, que son quienes siembran y producen arroz en sus campos. La Arrocería la esmeralda, que realiza apuestas al arroz orgánico en el Valle del Cauca. Finalmente, los consumidores finales, que son quienes compran el arroz.

Del mismo modo, los estudios en CTS permiten articular dichos actantes con diversos campos del saber con sus respectivas herramientas de producción de conocimiento, como la Agricultura Sustentable por medio de los estudios en laboratorio, y la Ecología Política con los contextos en los que se inscriben los actantes. Estos estudios reconocen que cada uno de los actantes configura una serie de relaciones entramadas, teniendo agencia, y por ende posicionándolos como participantes de estudio importantes para la gestión de soluciones integradas. Los estudios en CTS aportan herramientas para pensar de manera tentacular, viendo a los seres vivos como un entramado de relaciones entre sí y no como esferas individuales. A su vez, permiten pensar en escenarios donde la ciencia, la tecnología y la sociedad pueden converger para alcanzar objetivos en común, en este caso, guiados a la reducción del impacto ambiental que conlleva el uso de fertilizantes inorgánicos en la producción de arroz. Este estudio en particular le ofrece al campo de las CTSs un vademécum variopinto de posturas, disciplinas, teorías, metodologías, actantes y miradas que, lejos de divergir, convergen en la búsqueda de soluciones a una misma preocupación: la justicia ambiental. Los estudios en Agricultura y Ecología Política han

convergiendo y se encuentran explorando juntos nuevos campos y creando conceptos como agricultura alternativa, agricultura sustentable, calidad del suelo, manejo integrado de nutrientes y microorganismo benéficos, los cuales centran el interés en esta investigación, ratificando la importancia de los estudios en CTS (Arora, 2017).

Metodología

Cepas bacterianas

Con el fin de evaluar la coexistencia en poli-inóculos de cepas bacterianas promotoras del crecimiento vegetal aisladas del género *Oryza*, se procederá, en primer lugar, a escoger las cepas candidatas partir de la base de datos de bacterias endófitas de arroz del Laboratorio de Fisiología Molecular Vegetal de la Universidad Icesi. Se seleccionarán cepas bacterianas que presenten una actividad de moderada a alta dentro de al menos una de las siguientes categorías de promoción del crecimiento vegetal: Producción de Sideróforos, Producción de Auxinas, Fijación de Nitrógeno y Solubilización de Fósforo. Se elegirán 3 cepas dentro de cada categoría.

Medio de cultivo

Las bacterias serán cultivadas en el medio no selectivo Tripteína Soya Agar(TSA), sólido y estéril, preparado de acuerdo a las indicaciones del producto, el cual permitirá que todas las bacterias evaluadas puedan crecer (Remel, 2010).

Compuestos de Promoción del crecimiento vegetal

Se evaluará la producción de sideróforos, producción de auxinas, fijación de nitrógeno y solubilización de fósforo, según el caso, para todas las bacterias antes y después de los ensayos de antagonismo.

Pruebas de antagonismo

Todas las poblaciones bacterianas serán ajustadas hasta alcanzar una concentración de 5×10^5 UFC/mL (Mageswari, Subramanian, Srinivasan, Karthikeyan, & Gothandam, 2015). A partir de esto, cada bacteria será sembrada de manera uniforme e independiente con ayuda de hisopos de algodón estéril en una caja Petri con medio TSA. Se realizarán 5 pozos circulares de 1cm diámetro en cada caja, de los cuales se llenaran 1 con 50µL DMSO estéril, como control negativo, y 4 con 50µL de solución de la bacteria candidata a realizar la prueba antagónica (Mageswari et al., 2015). Se realizarán las pruebas antagónicas entre todas las bacterias candidatas, con 3 réplicas de cada ensayo. Observaciones de halos > 2 cm serán consideradas como respuestas antagónicas.

Composición del poli-inóculo

La composición bacteriana del poli-inóculo se establecerá a partir de la selección de las bacterias que no mostraron ninguna respuesta antagónica entre sí.

Semillas de *O. sativa*

Para lograr evaluar el efecto de los poli-inóculos candidatos a ser utilizados en la formulación del biofertilizante sobre el crecimiento de *O. sativa*, tendrá a lugar, en primera instancia, la selección de las semillas de *O. sativa* a partir de la colección de accesiones de *Oryza* del Laboratorio de Fisiología Molecular Vegetal, de la Universidad Icesi.

Esterilización y germinación de semillas

Ochenta (80) semillas de *O. sativa* serán sometidas a un choque térmico de 50°C durante 24h previo al proceso de esterilización, con el fin de romper su dormancia. Después de ello se procederá a depositar las semillas dentro de dos Erlenmeyer con magnetos, en presencia de 50mL de hipoclorito de sodio al 2,5%. Los Erlenmeyer serán colocados sobre planchas de calentamiento a 37°C con agitación constante durante 30 minutos. Una vez terminado el proceso, se realizarán 3 lavados de 5 minutos cada uno con agua estéril autoclavada (Reyes Loaiza, Posso, & Ghneim-Herrera, 2017).

Una vez terminada la esterilización, las semillas se situarán sobre una cama de algodón humedecida en cajas Petri previamente autoclavadas. Posterior a ello, las cajas serán envueltas en aluminio y se incubarán en un horno a 37°C por 3 días para promover la germinación. Pasado este tiempo, las plántulas, aún dentro de las cajas Petri, serán llevadas a una habitación especial donde, por medio de una lámpara previamente programada, recibirán luz 12h/día hasta alcanzar un tamaño adecuado para continuar la experimentación.

Inoculación

Las plántulas serán sometidas a un tratamiento de contacto directo de las raíces con una serie de suspensiones bacterianas, las cuales contarán con una concentración de $7,5 \times 10^6$ UFC/mL en contacto directo con la raíz por 90 minutos (Gómez Martínez & Ghneim Herrera, 2018). Las plantas serán inoculadas con las bacterias seleccionadas por medio de un diseño factorial, contando con 3 réplicas para cada tratamiento. A su vez, también se tendrán plantas no inoculadas, con el fin de servir como control. Seguido a esto, las plantas serán sembradas en materas y se posicionaron dentro de un invernadero, con una temperatura e irrigación previamente establecidas.

Crecimiento vegetal

Para determinar la producción de biomasa se procederá a medir la cantidad de tallos y hojas, así como el largo y ancho de las hojas. Las mediciones se realizarán cada 30 días a partir del día de inoculación, constituyendo este la primera medición, a lo largo de 3 meses. Llegados los 3 meses, las raíces de las plantas serán lavadas y separadas del resto de la planta para determinar el peso del sistema radicular. Todas estas mediciones permitirán evaluar el efecto de los poli-inóculos candidatos sobre el crecimiento de las plantas.

Análisis estadístico

El análisis cuantitativo se realizará por medio del programa estadístico Minitab.

Caracterización de actantes

Para caracterizar y determinar la agencia de los actantes humanos y no humanos implicados en el desarrollo de un biofertilizante elaborado a partir de bacterias endófitas para la producción de arroz en el Valle del Cauca se procederá a caracterizar dichos actantes humanos a partir de quiénes son, qué hacen y qué quieren, por medio de registros documentales, etnografías multiespecie y entrevistas semi-estructuradas.

Registros documentales

Para generar una aproximación documental de la caracterización y la agencia de las bacterias endófitas y las plantas de arroz se emplearán las bases de datos Science Direct y Springer como herramientas de búsqueda, donde se empleen artículos científicos que provean este tipo de datos. Por su parte, en cuando al ICA y la SAAC se revisarán a documentos oficiales, como Leyes, Decretos, Ordenanzas, Acuerdos y/o demás disposiciones disponibles en internet que provean información pertinente a la investigación. Asimismo, se buscará en páginas oficiales de empresas productoras de inóculos biológicos y de Arroz Blanquita las misiones, visiones de las empresas, información de los productos de venta y estudios o testimonios que refieran a los efectos de los biofertilizantes y líneas de arroz orgánico que ofrecen, respectivamente. En cuanto a los arroceros, se procederá a revisar el Censo Nacional Arroceros de Colombia publicado por el DANE y FEDEARROZ y, en caso de estar disponibles, artículos y demás informes oficiales que se encuentren en la página de FEDEARROZ y en la web, cuya metodología también aplica para acercarse a FEDEARROZ. Finalmente, respecto a los compradores finales de arroz realizarán búsquedas referentes a la caracterización de los compradores de arroz en el Valle del Cauca y Colombia, por medio de Google y bases de datos como Scielo. Únicamente se aceptarán aquellos documentos que hayan sido publicados por alguna institución de educación superior o revista académica.

Etnografía multiespecie

Paralelo al proceso de investigación del desarrollo del biofertilizante en el laboratorio, y con el fin de caracterizar y determinar la agencia de los actantes no humanos implicados en el desarrollo de un biofertilizante elaborado a partir de bacterias endófitas para la producción de arroz en el Valle del Cauca, se estudiará, a partir de la observación participante, la manera en la que el etnógrafo como científico se aproxima a las bacterias y las plantas, el modo en el que éste constituye el conocimiento de dichos organismos, y el conocimiento per se que se genere a partir de dichas experimentaciones, pues dichos factores consolidan, en este caso, una forma de entablar diálogos con otras especies (Callon, 1984; Latour, 2005).

Entrevistas semi-estructuradas

Para seleccionar los sujetos de estudio del ICA se procederá a revisar el organigrama de la seccional del Valle del Cauca disponible en la página web oficial del ICA donde se contactará, en primera instancia, a la gerente del departamento (ICA, 2019). Del mismo modo, se revisará la página web oficial de la Gobernación del Valle del Cauca para contactar la secretaria de la SAAP (Gobernación Valle del Cauca, 2019). Respecto a FEDEARROZ, se empleará su página oficial

web para acceder al organigrama y poder contactar al gerente general del gremio (FEDEARROZ, 2018a). En el caso de Arrocera la Esmeralda, se contactará de manera directa al gerente de la empresa.

Para generar una aproximación a las empresas productoras de inoculantes biológicos se empleará la base de datos de Empresas Registradas de Bioinsumos de diciembre del 2018 aportada por el ICA, donde se tendrán únicamente en cuenta los gerentes de las empresas con producción de inoculantes biológicos (ICA, 2018). En cuanto a los productores, se procederá a contactar a FEDEARROZ y a solicitud la base de datos de los arroceros del Valle del Cauca registrados en el Censo Arrocero del 2018 para contactarlos de manera aleatoria productores a grande y pequeña escala (DANE - FEDEARROZ, 2017).

Así pues, se realizarán entrevistas semi-estructuradas a los actantes humanos, donde se realicen preguntas respecto a sus concepciones de la tierra, de los fertilizantes, de las plantas y de los microorganismos. Del mismo modo, se generarán preguntas en cuanto a la percepción de ellos frente al uso de microorganismos para promover el crecimiento de las plantas de arroz, con qué otros actantes se relacionan y cómo se constituye dicha relación. Sin embargo, a cada actante, según su caso, se le generarán preguntas específicas respecto a quiénes son, qué hacen y qué quieren para completar la caracterización y agencia de los actantes humanos implicados en el desarrollo de un biofertilizante elaborado a partir de bacterias endófitas para la producción de arroz en el Valle del Cauca.

Implicaciones éticas

Es importante mencionar que los actantes humanos firmarán un consentimiento informado previamente elaborado a la entrevista, en el cual acepten el uso de la entrevista con fines académicos. Del mismo modo, esta investigación cuenta con el aval del comité de ética para experimentar con bacterias y plantas.

Análisis de relaciones

Las Teorías del Actante Red y Figuras de cuerdas, por medio de la apuesta metodológica de Callón (1984), con los procesos de Asociación Libre, Agnosticismo y Simetría Generaliza, permitirán analizar las articulaciones de las relaciones de actantes humanos y no humanos implicados en el desarrollo de un biofertilizante elaborado a partir de bacterias endófitas para la producción de arroz en el Valle del Cauca. La Asociación Libre parte de la necesidad de partir del hecho de que las ciencias sociales como las naturales son igualmente inciertas, discutibles y ambiguas, lo que hace que sea imposible hacerlas jugar papeles distintos en los análisis, abandonando toda distinción a priori entre sucesos naturales y sociales. Por su parte, el Agnosticismo conduce a no privilegiar ningún punto de vista ni censurar ninguna interpretación; no fijar la identidad de ningún actante si aún ésta está en negociación. Finalmente, la Simetría Generalizada busca proponer el uso de un mismo vocabulario de traducción para las narraciones de los actantes humanos y no humanos, sin distinciones de poder.

Las apuestas de análisis de la Agricultura Sustentable, que brinda la oportunidad de pensar en estrategias que sirven para mitigar las repercusiones económicas y ecológicas de los cultivos de

arroz, en este caso, de arroz, bajo un modelo de producción capitalista, a la vez que permite acercarse al conocimiento de las plantas de arroz y las bacterias a partir de su propia ontología, y la Ecología Política, que permite crear contextos donde se comprende que diversos actantes se encuentran enmarcados alrededor de las problemáticas ambientales, son indispensables para analizar estas relaciones.

Referencias

- Afanador Barajas, L. N. (2017). Biofertilizantes: conceptos, beneficios y su aplicación en Colombia. *Ingeciencia*, 2(1), 65–76.
- Alvarez, M. I., Sueldo, R. J., & Barassi, C. A. (1996). Effect of Azospirillum on coleoptile growth in wheat seedlings under water stress. *Cereal Research Communications*. Akadémiai Kiadó. <https://doi.org/10.2307/23783923>
- Arora, N. (2017). Microorganisms for Sustainability. In N. Arora, D. Panpatte, Y. Jhala, R. Vyas, & H. Shelat (Eds.), *Microorganisms for Sustainability* (VI). Springer Nature. Retrieved from <http://www.springer.com/series/14379>
- Baldani, V. L. D., de Oliveira, D. M., Estrada, G. A., Baldani, J. I., & Urquiaga, S. (2012). Selection of phosphate-solubilizing diazotrophic Herbaspirillum and Burkholderia strains and their effect on rice crop yield and nutrient uptake. *Plant and Soil*. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1550-7>
- Bouwman, L., Goldewijk, K. K., Van Der Hoek, K. W., Beusen, A. H. W., Van Vuuren, D. P., Willems, J., ... Stehfest, E. (2013). Exploring global changes in nitrogen and phosphorus cycles in agriculture induced by livestock production over the 1900–2050 period. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110(52), 20882–20887. <https://doi.org/10.1073/pnas.1012878108>
- Bravo, A., Centurión-Mereles, H., Domínguez, D., Sabatino, P., Poth, C., & Rodríguez, J. (2010). *Los señores de La soja: La agricultura transgénica en América Latina*. (Emir Sader, Ed.). Buenos Aires: CLACSO.
- Callon, M. (1984). Some elements of a sociology of translation : domestication of the scallops and the fishermen of St. *Sociological Review*, 32, 196–233. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1467-954X.1984.tb00113.x>
- Cattelan, A. J., Hartel, P. G., & Fuhrmann, J. J. (1999). Screening for Plant Growth–Promoting Rhizobacteria to Promote Early Soybean Growth. *Soil Science Society of America Journal*, 63(6), 1670. <https://doi.org/10.2136/sssaj1999.6361670x>
- CIAT. (2019). Arroz. Retrieved February 27, 2019, from <https://ciat.cgiar.org/lo-que-hacemos/mejoramiento-de-cultivos/arroz/?lang=es>
- DANE - FEDEARROZ. (2017). *4º Censo Nacional Arrocerero*. Bogotá. Retrieved from <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/censo-nacional-arrocero/boletin-tecnico-4to-censo-nacional-arrocero-2016.pdf>
- Dangar, T. K., & Basu, P. S. (1987). Studies on plant growth substances, IAA metabolism and nitrogenase

- activity in root nodules of phaseolus aureus Roxb. var.mungo. *Biologia Plantarum*, 29(5), 350–354. <https://doi.org/10.1007/BF02886613>
- de Freitas, J. R., Banerjee, M. R., & Germida, J. J. (1997). Phosphate-solubilizing rhizobacteria enhance the growth and yield but not phosphorus uptake of canola (*Brassica napus* L.). *Biology and Fertility of Soils*, 24(4), 358–364. <https://doi.org/10.1007/s003740050258>
- Decreto No. 1650. (2012). Retrieved from <https://www.valledelcauca.gov.co/loader.php?lServicio=Tools2&lTipo=viewpdf&id=24516>
- Dempster, B. (1998). *A Self-organizing Systems Perspective on Planning for Sustainability*. University of Waterloo.
- Dey, R., Pal, K. K., Bhatt, D. M., & Chauhan, S. M. (2004). Growth promotion and yield enhancement of peanut (*Arachis hypogaea* L.) by application of plant growth-promoting rhizobacteria. *Microbiological Research*, 159(4), 371–394. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2004.08.004>
- Egea Serrano, A. (2010). Aspectos relevantes en la conservación de anfibios en la Región de Murcia: efectos de la contaminación por fertilizantes sobre *Pelophylax perezi* (Seoane, 1885). *TDR (Tesis Doctorales En Red)*. Retrieved from <https://www.tesisenred.net/handle/10803/11085;jsessionid=10A440DD853658A48EC51846AA62522F#?>
- Escobar, A. (2010). *Territorios de diferencia: Lugar, movimientos, vida, redes*. Envió Editores.
- Espinal, C., Martínez Covalada, H., & Acevedo Gaitán, X. (1991). *La Cadena de Arroz en Colombia: Una Mirada Global de su Estructura y Dinámica 1991-2005*. Retrieved from <http://www.agrocadenas.gov.co>
- FEDEARROZ. (2018a). *Esquema Áreas de Fedearroz*. Retrieved from <http://www.fedearroz.com.co/documentos/organigrama.pdf>
- FEDEARROZ. (2018b). Valoración Nominal por Rubros de los Costos del Arroz. Retrieved February 16, 2019, from <http://www.fedearroz.com.co/new/costos.php>
- FEDEARROZ. (2019). La Organización. Retrieved May 12, 2019, from <http://www.fedearroz.com.co/new/organizacion.php>
- Ferreira, R. C., Nascimento-Junior, A. B., Santos, P. J. P., Botter-Carvalho, M. L., & Pinto, T. K. (2015). Responses of estuarine nematodes to an increase in nutrient supply: an in situ continuous addition experiment. *Marine Pollution Bulletin*, 90(1–2), 115–120. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.11.012>
- FLAR. (2016). IR8: La Variedad de Arroz que Inició la “Revolución Verde”; Retrieved March 5, 2019, from <https://flar.org/ir8-la-variedad-de-arroz-que-inicio-la-revolucion-verde/>
- Foy, R. (2005). The Return of the Phosphorus Paradigm: Agricultural Phosphorus and Eutrophication. In P. J. A. Withers & A. Sharpley (Eds.), *Phosphorus: Agriculture and the Environment* (pp. 911–939). American Society of Agronomy. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr46.c28>
- Gamal-Eldin, H., & Elbanna, K. (2011). Field Evidence for the Potential of *Rhodobacter capsulatus* as Biofertilizer for Flooded Rice. *Current Microbiology*, 62(2), 391–395. <https://doi.org/10.1007/s00284-010-9719-x>
- Ghneim-Herrera, T., Selvaraj, M. G., Meynard, D., Fabre, D., Peña, A., Ben Romdhane, W., ... Hassairi, A. (2017). Expression of the *Aeluropus littoralis* ALSAP Gene Enhances Rice Yield under Field

- Drought at the Reproductive Stage. *Frontiers in Plant Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00994>
- Gilbert, S. F., Bubandt, N., Olwig, K., Ishikawa, N., Tsing, A. L., & Haraway, D. (2015). Anthropologists Are Talking – About the Anthropocene. *Ethnos*. <https://doi.org/10.1080/00141844.2015.1105838>
- Gobernación Valle del Cauca. (2019). Perfil de la Secretaria. Retrieved May 12, 2019, from <https://www.valledelcauca.gov.co/agricultura/publicaciones/60264/perfil-de-la-secretaria/>
- Gómez Martínez, L. A., & Ghneim Herrera, T. (2018). *Optimización de un protocolo experimental para el análisis de la interacción de la bacteria endófito SOG26 con Oryza sativa*. Universidad Icesi.
- GRiSP. (2013). *Rice Almanac: Source Book for One of the Most Important Economic Activities on Earth Fourth Edition*. Los Baños: International Rice Research Institute. Retrieved from www.ricepedia.org
- Haraway, D. (2015). Anthropocene, Capitalocene, Plantationocene, Chthulucene: Making Kin. *Environmental Humanities*, 6, 159–165. Retrieved from www.environmentalhumanities.org
- Haraway, D. (2016). *Staying with the trouble : making kin in the Chthulucene*. Duke University Press.
- ICA. (2018). *Empresas Registradas Bioinsumos - Diciembre 30 de 2018*. Retrieved from <https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/fertilizantes-y-bio-insumos-agricolas/listado-de-bioinsumos/2009/empresas-registradas-bioinsumos-julio-8-de-2008.aspx>
- ICA. (2019). Valle del Cauca. Retrieved May 12, 2019, from <https://www.ica.gov.co/el-ica/directorio/valle-del-cauca.aspx>
- Imran Afzal, Zabta Khan Shinwari, Shomaila Sikandar, & Shaheen Shahzad. (2019). Plant beneficial endophytic bacteria: Mechanisms, diversity, host range and genetic determinants. *Microbiological Research*, (221), 36–49. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2019.02.001>
- Issberner, L., & Léna, P. (2018). *Antropoceno: la problemática vital de un debate científico*. Retrieved from <https://es.unesco.org/courier/2018-2/antropoceno-problematica-vital-debate-cientifico>
- Jochum, M., Moncayo, L. P., & Jo, Y. K. (2018). Microalgal cultivation for biofertilization in rice plants using a vertical semi-closed airlift photobioreactor. *PLoS ONE*, 13(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203456>
- Kantachote, D., Nunkaew, T., Kantha, T., & Chaiprapat, S. (2016). Biofertilizers from *Rhodopseudomonas palustris* strains to enhance rice yields and reduce methane emissions. *Applied Soil Ecology*, 100, 154–161. <https://doi.org/10.1016/J.APSSOIL.2015.12.015>
- Kennedy, I. R., & Tchan, Y.-T. (1992). Biological Nitrogen Fixation in Non-leguminous Field Crops: Recent Advances Impact of Herbicides on Soil Biology and Function View project Risk management for agrochemicals View project Biological nitrogen fixation in non-leguminous field crops: Recent advances. *Plant and Soil*, 141, 93–118. <https://doi.org/10.1007/BF00011312>
- Khan, H. I. (2018). Appraisal of Biofertilizers in Rice: To Supplement Inorganic Chemical Fertilizer. *Rice Science*, 25(6), 357–362. <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2018.10.006>
- Kraehmer, H., Thomas, C., & Vidotto, F. (2017). *Rice Production Worldwide*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47516-5_4
- Latour, B. (2005). *Reassembling the Social: An introduction to Actor-Network-Theory*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1163/156913308X336453>
- Leff, E. (2004). *Racionalidad Ambiental*. Siglo XXI.

- Li, J., Ovakim, D. H., Charles, T. C., & Glick, B. R. (2000). An ACC deaminase minus mutant of *Enterobacter cloacae* UW4 no longer promotes root elongation. *Current Microbiology*. <https://doi.org/10.1007/s002840010101>
- Lin, H., Karki, S., Coe, R. A., Bagha, S., Khoshravesh, R., Balahadia, C. P., ... Covshoff, S. (2016). Targeted Knockdown of GDCH in Rice Leads to a Photorespiratory-Deficient Phenotype Useful as a Building Block for C4 Rice. *Plant and Cell Physiology*, 57(5), 919–932. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcw033>
- Lorek, T. (2013). Imaging The Midwest In Latin America: US Advisors and the Envisioning of an Agricultural Middle Class in Colombia's Cauca Valley, 1943-1946. *The Historian*, 283–305.
- Lorek, T. (2016). The Rockefeller Foundation and Agricultural Development in Colombias Cauca Valley 1940 1980. *Rockefeller Archive Center Research Reports*.
- Mageswari, A., Subramanian, P., Srinivasan, R., Karthikeyan, S., & Gothandam, K. M. (2015). Astaxanthin from psychrotrophic *Sphingomonas faeni* exhibits antagonism against food-spoilage bacteria at low temperatures. *Microbiological Research*, 179, 38–44. <https://doi.org/10.1016/J.MICRES.2015.06.010>
- Margulis, L. (2002). *Planeta Simbiótico*. Madrid: Editorial Debate. Retrieved from <http://www.medicinayarte.com/img/margulis-lynn-planeta-simbiotico.pdf>
- Martínez, R. (2002). Generalidades del Departamento de Valle del Cauca. In *Valle del Cauca* (pp. 1–21). IGAC.
- McLaughlin, M. (2016). *Technical Bulletin: Fertilizers and Soil Acidity*. Adelaide. Retrieved from www.adelaide.edu.au/fertiliser
- Norman, R., Trenton, R., Slaton, N., & Wilson, C. (2013). Soil Fertility. In J. Harke (Ed.), *Arkansas Rice Production Handbook - MP192* (pp. 69–102).
- Nunkaew, T., Kantachote, D., Nitoda, T., & Kanzaki, H. (2015). Selection of salt tolerant purple nonsulfur bacteria producing 5-aminolevulinic acid (ALA) and reducing methane emissions from microbial rice straw degradation. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2014.10.005>
- Park, S., Croteau, P., Boering, K. A., Etheridge, D. M., Ferretti, D., Fraser, P. J., ... Trudinger, C. M. (2012). Trends and seasonal cycles in the isotopic composition of nitrous oxide since 1940. *Nature Geoscience*, 5. <https://doi.org/10.1038/NGEO1421>
- Patten, C. L., & Glick, B. R. (2010). Bacterial biosynthesis of indole-3-acetic acid. *Canadian Journal of Microbiology*. <https://doi.org/10.1139/m96-032>
- Paul Robbins. (2012). *Political Ecology*. Wiley-Blackwell (II). University of Arizona. <https://doi.org/10.2458/v1i1.21154>
- Prasad, R. (2013). Fertilizer Nitrogen, Food Security, Health and the Environment. *Proceedings of the Indian National Science Academy*, 997–1010.
- Rakesh Kumar, Narendra Kumawat, & Yogesh Kumar Sahu. (2017). Role of Biofertilizers in Agriculture. *Popular Ket*, 5(4). Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/323185331>
- Remel. (2010). *Trypic Soy Agar (TSA)*. Retrieved from <http://tools.thermofisher.com/content/sfs/manuals/IFU1920.pdf>
- Resolución No. 00375. (2004). Bogotá. Retrieved from <http://www.mincit.gov.co/getattachment/0b26d8aa-9460-41d8-b176-b2c976986d72/Resolucion->

375-del-27-de-febrero-de-2004-Por-la-cu.aspx

- Revillas, J., Rodelas, B., Pozo, C., Martínez-Toledo, M., & González-López, J. (2000). Production of B-group vitamins by two *Azotobacter* strains with phenolic compounds as sole carbon source under diazotrophic and adiazotrophic conditions. *Journal of Applied Microbiology*, (89), 486–493. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11021581>
- Reyes Loaiza, V., Posso, D., & Ghneim-Herrera, T. (2017). *Evaluación de la relación entre el grado de metilación de pectinas de la pared celular en células de la raíz y la tolerancia al aluminio en genotipos de las especies de arroz Oryza sativa y Oryza glumaepatula*. Unviuersidad Icesi.
- Ricepedia. (2013). Colombia. Retrieved March 5, 2019, from <http://ricepedia.org/colombia>
- Richardson, A. E. (2001). Prospects for using soil microorganisms to improve the acquisition of phosphorus by plants. *Functional Plant Biology*, 28(9), 897. <https://doi.org/10.1071/PP01093>
- Saarenheimo, J., Rissanen, A. J., Arvola, L., Nykänen, H., Lehmann, M. F., & Tirola, M. (2015). Genetic and Environmental Controls on Nitrous Oxide Accumulation in Lakes. *PLOS ONE*, 10(3), e0121201. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121201>
- Saleem, M., Arshad, M., Hussain, S., & Bhatti, A. S. (2007). Perspective of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) containing ACC deaminase in stress agriculture. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 34(10), 635–648. <https://doi.org/10.1007/s10295-007-0240-6>
- Shakoor, A., Xu, Y., Wang, Q., Chen, N., He, F., Zuo, H., ... Yang, S. (2018). Effects of fertilizer application schemes and soil environmental factors on nitrous oxide emission fluxes in a rice-wheat cropping system, east China. *PLoS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202016>
- Shiva, V. (1993). *The Violence of the Green Revolution: Third World Agriculture, Ecology and Politics*. Zed Books.
- Sismondo, S. (2010). *An Introduction to Science and Technology Studies Second Edition* (II). Blackwell.
- Smith, H. B. (2007). More Than Just a Surface Thing: Rice Infection by *Magnaporthe grisea*. *The Plant Cell*, 11(10), 1815. <https://doi.org/10.2307/3871077>
- Spijkers, P. (1981). *Rice Peasants and Rice Research in Colombia*.
- Štajner, D., Kevrešan, S., Gašić, O., Mimica-Dukić, N., & Zongli, H. (1997). Nitrogen and *Azotobacter chroococcum* enhance oxidative stress tolerance in sugar beet. *Biologia Plantarum*, 39(3), 441–445. <https://doi.org/10.1023/A:1001000830977>
- Victoria Martinez-Toledo, M., Rodelas, B., Salmeron, V., Pozo, C., & Gonzalez-Lopez, J. (1996). *Production of pantothenic acid and thiamine by Azotobacter vinelandii in a chemically defined medium and a dialysed soil medium*. *Biol Fertil Soils* (Vol. 22). Springer-Verlag. Retrieved from <https://eurekamag.com/pdf/002/002931706.pdf>
- Watts, M. (2013). *Silent violence : food, famine, and peasantry in northern Nigeria : with a new introduction*. University of Georgia Press.
- Wu, H., Wang, S., Gao, L., Zhang, L., Yuan, Z., Fan, T., ... Huang, L. (2018). Nutrient-derived environmental impacts in Chinese agriculture during 1978e2015. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.04.002>
- Yameogo, P., Segda, Z., Dakouo, D., & Sedogo, M. (2013). Placement profond de l'urée (PPU) et amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'azote en riziculture irriguée dans le périmètre rizicole de Karfiguela au Burkina Faso. *Journal of Applied Biosciences*, 5523–5530.

<https://doi.org/10.4314/jab.v70i1.98749>