

LOS SISTEMAS LOCALES DE INNOVACIÓN PARA LA SUSTENTABILIDAD EN LA AGRICULTURA. EL CASO DEL CHILE HABANERO EN DOS COMUNIDADES DE YUCATÁN.

Dra. Mayanin Asunción Sosa Alcaraz¹

Dr. José Francisco Sarmiento Franco²

RESUMEN

Este artículo se deriva de la tesis titulada “Sustentabilidad e Innovación: Una análisis desde una perspectiva de sistema en la agricultura”, y presenta un análisis sobre el nuevo rol que deberían jugar los sistemas de innovación y las instituciones de educación superior (IES) en la prosperidad y sustentabilidad de las comunidades agrícolas locales. Para ello, fue necesario explorar las barreras y oportunidades en la construcción de un sistema de innovación local mediante la identificación de las interacciones de aprendizaje, y el papel de las instituciones de educación superior en el logro de la sustentabilidad. Dado que no ha habido ningún estudio empírico de la innovación y la sostenibilidad en la agricultura desde una perspectiva de abajo hacia arriba, se realizó un estudio de caso cualitativo con enfoque multi-métodos. Los resultados destacan el flujo de conocimientos e interacciones de aprendizaje que se están generando en el sistema producto ‘Chile habanero en Yucatán’, así como, los retos y oportunidades para crear sistemas de innovación locales que puedan alcanzar los principios de sustentabilidad. El estudio sugiere que las interacciones de aprendizaje y redes de conocimiento a nivel local se pueden utilizar para desarrollar y difundir la innovación tecnológica y no tecnológica para la mejora social, económica y ecológica en la agricultura. Estas mejoras deben ser apoyadas por instituciones de educación superior mediante la generación,

¹ Doctorado en Medio Ambiente y Sustentabilidad, Instituto Tecnológico de Mérida, msosa@itmerida.mx

² Doctorado en Economía, Instituto Tecnológico de Mérida, fransar@itmerida.mx

transferencia y aplicación de ideas, recursos y programas para las comunidades locales. Para ello, la innovación y la transferencia del conocimiento es un elemento necesario en la consecución de dicho impulso. Es decir, científicos, ingenieros, y tecnólogos aportando a mejorar la salud y la calidad de vida de las personas.

Palabras clave: Sustentabilidad, Quintuple hélix, Agricultura

INTRODUCCIÓN

Según una de las metas establecidas por la ONU, la sustentabilidad es importante para la preservación del medio ambiente. Pearce, et al. (1989) describen sustentabilidad como la no reducción del capital natural. El capital natural es el que sostiene todo el sistema económico para sostener las generaciones presentes y futuras. Este capital natural consiste en los recursos naturales, los cuales son necesarios para la producción de los bienes y servicios. La actividad agrícola forma parte de ese ecosistema natural, y por eso podría complicar nuestra perspectiva de la sustentabilidad, porque la producción agrícola tiende a ser monocultivo y como consecuencia afectar la diversidad ecológica (Gliessman & Rosemeyer, 2010). De hecho, Evans y Steven (2012) recomiendan un nuevo enfoque de sustentabilidad para unir las tres dimensiones (ecológica, económica y social) hacia un enfoque integral. Este nuevo enfoque de sustentabilidad considera la creación de un grupo local que comparta actitudes e intereses similares y un fuerte sistema regional, en donde diversos actores y autoridades gubernamentales puedan co-producir y aplicar las metas de sustentabilidad sugeridas por instituciones internacionales. En este sentido, la innovación puede contribuir a la sustentabilidad no solamente a través del diseño de nuevos productos o métodos para mejorar los sistemas de producción y de servicios, sino también en la creación de nuevas políticas, programas y nuevas

formas creativas de colaboración entre diversos actores clave (International Council for Science, ICSU, 2005).

Por eso, la innovación no solo debería ser vista como un vehículo para el crecimiento económico basado en tecnología, sino también como uno de muchos contribuidores que pueden beneficiar a la sociedad y al medio ambiente. Por ejemplo, una conexión entre los productores agrícolas intermedios con los pequeños y tradicionales productores agrícolas podría mejorar las condiciones del campo, el mejoramiento de cultivos y el manejo del agua. Esta situación podría generar nuevos métodos y prácticas de participación ciudadana para el mejoramiento económico, social y ecológico (Norberg-Hodge et al., 2002). De esta manera, promoviendo la presencia y el uso de una red de conocimientos y de interacción de aprendizaje entre múltiples actores locales (de abajo hacia arriba y de arriba hacia abajo) sería muy relevante. ICSU (2005) hace hincapié que las empresas formales e informales, industrias y grupos sociales comunitarios deberían trabajar juntos las invenciones que soporten la sustentabilidad.

Por lo tanto, la construcción de comunidades de aprendizaje locales puede ayudar a los agricultores a enfrentar problemas sociales, económicos y ecológicos a través de la cohesión social. Sin embargo, la interacción de diferentes actores clave, de múltiples disciplinas y conocimientos podría dificultar la generación de dichas comunidades comprometidas a trabajar a un nivel local (ICSU, 2005). Leach et al. (2012) describe entonces la necesidad de que las autoridades locales y regionales interactúen con las industrias, agricultores, sociedad civil y otros actores para asegurar que las dimensiones de la sustentabilidad sean logradas. Esta interacción podría identificar los beneficios y ventajas de aprender y compartir conocimientos dentro de los grupos sociales comunitarios. Por eso, las redes de conocimiento y aprendizaje locales deberían ser vistas como el mejoramiento para los sistemas productivos a favor de la

sustentabilidad. Sin embargo, los sistemas locales de innovación como redes de conocimiento e innovación no han sido estudiados desde una perspectiva de apoyo hacia el logro de la sustentabilidad en la agricultura.

Los centros de investigación, universidades, industrias, agricultores e instituciones públicas, como parte de esos sistemas locales de innovación, deberían interactuar para la creación, expansión y consolidación de los agro-sistemas. Por lo tanto, múltiples actores a diferentes escalas deben trabajar juntos, y participar en actividades docentes y de investigación para apoyar a la sustentabilidad que impacta en el sector primario (Wright & Wilton, 2012). Las instituciones de educación superior (IES) deberían contribuir a formar comunidades sustentables a través de involucrar a la sociedad académica (profesores, investigadores, egresados, y estudiantes) en las comunidades agrícolas locales; y de esa manera, formar personas con nuevas habilidades y valores superiores (Blewitt, 2010). Además, la investigación en las IES debe contribuir a la sustentabilidad mediante el trabajo en redes de colaboración que crucen las fronteras y límites regionales, y a través de la creación de equipos multidisciplinarios e interdisciplinarios para mejorar las condiciones sociales, económicas, y ambientales de las comunidades agrícolas locales y regionales (Cortese, 2003; Blewitt, 2010). Sin embargo, la falta de planificación, habilidades necesarias, motivaciones y actitudes hacia esta transición dentro de las IES han creado una resistencia entre los actores para cambiar a una cultura de la sustentabilidad (Wright & Wilton, 2012; Blewitt, 2010).

Las IES podrían apoyar a la sustentabilidad por medio de diferentes formas de conocimiento y pensamiento crítico, estructurando valores culturales, así como administrando diversos mecanismos para desarrollar y transmitir innovación tecnológica y no-tecnológica (ICSU, 2005). Esta nueva estructura requiere cambios institucionales y adaptaciones para crear las condiciones necesarias para la construcción de comunidades locales de conocimiento que

trabajen para la sustentabilidad (Vollenbroek, 2002). Sin embargo, algunas barreras previenen la cohesión entre las IES y los actores locales, especialmente cuando se habla sobre sustentabilidad a través de la innovación (Carayannis & Campbell, 2012). Por lo tanto, un enfoque holístico que nos permita entender el rol de las IES como catalizadores de la innovación local a favor de la sustentabilidad es necesario. El modelo de quintuple hélix podría ser una alternativa para las IES y promover las interacciones de aprendizaje con diferentes actores locales y regionales, incluyendo investigadores, profesores, industriales, empresarios, agricultores y sociedad civil. El grado de involucramiento de actores clave podría ayudar a identificar oportunidades y barreras para generar y difundir la innovación. El aprendizaje a través de la interacción y haciendo las cosas de manera diferente puede crear nuevas ideas y presentar soluciones a problemas comunes (Lundvall, 1996). En este sentido, las redes de innovación y conocimiento deberían emerger dentro de las IES porque es donde existe la aglomeración de capital humano, social e intelectual, y son también los espacios donde continuamente se evoluciona y se especializa la cultura y la tecnología (Carayannis & Campbell, 2012).

Esta investigación considera un enfoque conceptual y analítico para estudiar cómo los sistemas locales de innovación deberían apoyar a la sustentabilidad. Este enfoque incluye un análisis del rol de las IES y la inclusión de grupos más vulnerables en las redes de conocimiento y toma de decisiones. Enfatizando la importancia de la investigación y educación permitirá a las IES identificar los roles, estructuras, visiones y funciones para integrar científicos e ingenieros junto con otros actores locales y sociedad civil hacia el mejoramiento de la sustentabilidad en la agricultura a través de la innovación. El propósito es identificar retos y oportunidades para la construcción de sistemas locales de innovación en la agricultura, a través de la exploración de cómo los actores involucrados en el Sistema Producto del Chile Habanero en Yucatán, están

aprendiendo a interactuar, generar y transferir conocimiento. Asimismo, ilustrar el rol de las IES como catalizadoras de la innovación para la sustentabilidad en el sector primario.

Revisión de la Literatura

Los sistemas de innovación han surgido con la finalidad de generar y movilizar conocimiento, habilidades y tecnologías entre instituciones e individuos. Sin embargo, la movilización de esos conocimientos y tecnologías debe considerar el impacto social, ambiental, y económico a las comunidades locales. Este impacto incluye un proceso de aprendizaje dinámico y de adaptación, los cuales pueden ser alcanzados a través de las tres dimensiones de la sustentabilidad: la habilidad de preservar el medio ambiente, la conservación de los estándares económicos para asegurar una mejor calidad de vida, y la identificación de las necesidades sociales para la prosperidad (UN, 2002; Robinson, 2008). El aprendizaje y la adaptación son esenciales tanto para la sustentabilidad como para la innovación. Aprender a hacer y aprender a interactuar puede generar nuevas ideas y al mismo tiempo proponer soluciones a problemas. En esta nueva economía, las instituciones deben incrementar sus habilidades y capacidad para aprender con la idea de responder a las demandas de sustentabilidad y a la vez a las oportunidades de mercado

(Lundvall, 1996). Por lo tanto, innovación y sustentabilidad requieren un cambio en práctica y el deseo de hacer las cosas de manera diferente, como la colaboración e interacción entre diferentes actores clave.

Conocimiento y Aprendizaje

El aprendizaje es un proceso dinámico y social que involucra cognición, involucramiento, participación y el desarrollo de nuevas percepciones a partir de una experiencia. Lundvall (1992) comenta que el aprendizaje se relaciona con las actividades experimentales y a la

interacción de diversas personas a diferentes escalas y conocimiento, para incrementar el know-how. Por ello, se requieren interpretaciones precisas y aprendizaje continuo para enfrentar el desafío de las incertidumbres ambientales y científicas. Los procesos de aprendizaje pueden contribuir a nuestra comprensión de los sistemas sociales complejos que incluyen las percepciones, puntos de vista y conocimiento de diversos actores locales (Stagl, 2007). Sin embargo, una práctica de acción participativa para el aprendizaje podría enfrentar ciertos desafíos, tales como: a) establecer el papel de cada persona en la generación de conocimiento; y b) determinar y establecer la relación adecuada entre la sociedad civil (teniendo en cuenta la población local y tradicional) y la autoridad del gobierno en el proceso de aprendizaje y toma de decisiones. Por lo tanto, el aprendizaje para la sostenibilidad y la innovación no es una práctica sencilla porque debe suceder en un entorno complejo y dinámico (Stagl, 2007). Los grupos sociales y los individuos pueden construir nuevas interpretaciones basadas en reflexiones sobre sus propias creencias, explorar nuevas formas de ser y de pensar, tomar mejores decisiones y actuar en función de una nueva visión, todo con el objetivo de apoyar a la sustentabilidad (Mezirow, 2000; Sinclair et al., 2011).

Innovación

La innovación generalmente se utiliza en los procesos de investigación y desarrollo para crear innovación tecnológica. Sin embargo, la innovación no es sólo la tecnología, sino que también incluye el desarrollo social, incluyendo el capital humano calificado, la difusión y aplicación de nuevos conocimientos, y el reconocimiento de los retos ecológicos y sociales (ICSU, 2005). En este estudio, la innovación es la creación de conocimiento con un enfoque en el cambio de acción para lograr la sustentabilidad en la agricultura, desde una perspectiva multidisciplinaria. La creación y la transmisión de ideas, conocimientos e información son relevantes en los sistemas y redes de innovación, ya que pueden fomentar la creatividad, reforzar el

conocimiento, y resaltar procesos de aprendizaje dentro de las instituciones gubernamentales y no gubernamentales (Carayannis y Ziemnowicz, 2007).

Sustentabilidad

Pretty (2011) señala que el cambio social, el aprendizaje y los procesos de innovación son parte del concepto de sustentabilidad. Innovación para la sustentabilidad debe ser apoyada por las instituciones para crear proyectos de investigación y desarrollo que beneficien a las comunidades locales. Los retos tecnológicos que enfrentan las instituciones, considerando las dimensiones de la sustentabilidad, deben abordarse; así como nuevas iniciativas deben generarse (Clark, 2003). Las nuevas iniciativas deben fortalecer las instituciones, su capacidad, y los actores que participan en el aprendizaje, la adaptación y la innovación para la sustentabilidad (Mog, 2004). El concepto de sustentabilidad ha sido definido por diversos autores y organizaciones para diversos propósitos y valores. Este concepto se ilustra mejor con los ecosistemas naturales, que consisten en argollas casi cerradas que cambian lentamente. Por ejemplo, en el ciclo de los alimentos de las plantas y los animales, las plantas crecen en presencia de la luz solar, la humedad y los nutrientes y luego son consumidos por insectos y herbívoros que, a su vez, sirven de alimento a los animales cada vez más grandes. Los productos de desecho naturales resultantes ponen los nutrientes, lo que permite que las plantas crezcan y comience de nuevo el ciclo. Si los seres humanos logran verdaderamente la sustentabilidad, tendremos que adoptar patrones que reflejan estos procesos naturales. De tal modo que el papel de los ingenieros y científicos ante la sustentabilidad se podría ilustrar como un ecosistema humano de circuito cerrado que imita los sistemas naturales (WFEO, 2002, pág.13).

El Modelo de la Quíntuple Hélix y la Sustentabilidad

Los sistemas de innovación quíntuple hélice introducen el concepto de ventaja competitiva sustentable de las naciones y las regiones a través de la ciencia y la tecnología. Esta ventaja consiste en la creación y el apoyo de las empresas de tecnología para la innovación sustentable. Por lo tanto, múltiples actores regionales deben fomentar y apoyar la creación, transferencia y comercialización de la innovación científica y tecnológica para la sustentabilidad (Carayannis y Campbell, 2012). La innovación sustentable es una alternativa para la tecnología, y los conocimientos relacionados con los factores sociales, ambientales y económicos impactan a la sociedad (Seyfang & Smith, 2007). Este sistema de innovación se centra en los procesos de enseñanza superior, y una nueva dinámica entre los actores de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba, incluyendo el gobierno, la universidad, la industria, la sociedad civil y las iniciativas comunales (cooperativas locales) para cooperar de una manera intelectual y más eficiente (Carayannis y Campbell, 2012).

La quíntuple hélice representa las redes de innovación y concentración de conocimiento donde los elementos culturales, humanos, sociales, financieros y tecnológicos co-evolucionan, innovando para la sustentabilidad (Carayannis y Campbell, 2012). Este modelo se basa en valores, multiculturalismo, y la creatividad. Las actividades de investigación y empresariales llevadas a cabo por las universidades, junto con otros actores locales y regionales, suelen estar vinculadas a la investigación, el desarrollo y los mercados; como resultado, la oportunidad para el aprendizaje y transferencia de conocimiento y tecnología para la sustentabilidad se podría establecer (Carayannis y Campbell, 2012).

Sin embargo, la desventaja de estos sistemas de innovación es que hay pocas investigaciones y pocos estudios empíricos que examinan la aplicación del modelo de la quíntuple hélice, o qué componentes de éste modelo están contribuyendo positivamente a la sustentabilidad. Por otro

lado, las patentes, el empleo y la comercialización de la tecnología son algunos de los impactos que las IES tienen en el desarrollo regional y el desempeño económico. Sin embargo, las IES como centros tecnológicos, o nichos de desarrollo e innovación, también deben hacer hincapié en su papel en la creación de conocimiento y el bien social, al margen de los resultados comercializables (Bubela y Caulfield, 2010). Por lo tanto, las IES deben reevaluar su papel en los sistemas de innovación que apoyen la sustentabilidad mediante la generación de nuevos conocimientos e ideas basadas en el bienestar regional.

El descubrimiento de nuevas prácticas y tecnologías innovadoras a través de las IES y unidades de investigación es un beneficio adicional realizado por estas instituciones; además, la participación de los estudiantes e investigadores de diferentes disciplinas puede crear nuevos caminos hacia la sustentabilidad (Carayannis et al., 2012). Vergragt y Brown (2007) sugieren que los experimentos y proyectos permiten un enfoque con las mejores soluciones para los factores ambientales, sociales y económicos. Por esta razón, las IES deben tomar medidas sobre los problemas sociales que comparten la experiencia tecnológica y la sustentabilidad en colaboración con actores locales (Robinson et al., 2011). Servicios de educación agrícola, investigación y extensión pueden fomentar la innovación tecnológica para reducir la pobreza, aumentar la seguridad alimentaria, y estimular el desarrollo económico. Un marco sobre un sistema de innovación agrícola fue desarrollado por Spielman y Birner, incluyendo al agricultor como un actor involucrado en una compleja red de innovación, las instituciones formales e informales, y la política de incentivos que motivan a los procesos de innovación. Estos actores han comenzado a interactuar para la expansión y difusión de agro-productos específicos. Sin embargo, algunos temas críticos deben ser abordados, incluyendo políticas públicas más alineados entre la innovación y la tecnología (Spielman y Birner, 2008) que contribuya a la agricultura y la sustentabilidad.

Metodología

Los significados subjetivos y variados que las personas desarrollan a través de sus experiencias, están relacionadas con la cosmovisión constructivista social (Creswell, 2009). Este enfoque se refiere a la comprensión de los conocimientos como la influencia de las percepciones y valores de los diferentes jugadores, donde la verdad se ve a través de una gama de objetivos, cambiando así la realidad a través de la experiencia subjetiva, el valor y el conocimiento. En este sentido, para comprender los problemas y limitaciones en una comunidad es esencial contar con un profundo conocimiento del entorno institucional, así como la comprensión de los conocimientos locales, las percepciones y las ideas de los principales actores e instituciones involucradas (Ostrom, 2010) . Esta investigación presenta una metodología cualitativa para revelar empíricamente la contribución a nuestros objetivos a través del análisis de los datos recogidos en las entrevistas. Un estudio de caso cualitativo con un enfoque multi-métodos para explorar las interacciones de aprendizaje, acciones de innovación y sustentabilidad, y las creencias de las principales partes interesadas se llevó a cabo. El enfoque de estudio de caso ofrece una oportunidad para evaluar a las personas, instituciones y otros fenómenos (Yin, 2009). En lugar de afirmar una suposición o crear una hipótesis comprobable en un ambiente controlado, la evidencia cualitativa tuvo que ser recogida y analizada en términos de experiencias de la vida real y el conocimiento. En general, este estudio de caso fue exploratorio y pretendió ilustrar las lecciones que pueden ser significativas para diversos sectores económicos y los responsables políticos en relación con la contribución de los sistemas locales de innovación para la sustentabilidad. Esta investigación aplicó el muestreo intencional, también conocido como muestreo teórico, donde los actores fueron elegidos de acuerdo a criterios específicos. Entre los participantes elegidos se encuentran investigadores, graduados, agricultores y ejecutivos de gobierno e industriales. Los datos fueron recolectados a través de entrevistas individuales y grupos focales formales e informales. Para complementar los datos también se llevó a cabo un análisis de documentos, y un análisis FODA.

Área de Estudio

El estudio de campo se llevó a cabo en las comunidades de Conkal y Mérida por un período de tres meses en el año 2013. La selección de esta comunidad participante como parte de esta investigación se debe a su ubicación cercana a una institución de educación superior (IES) rodeada por las comunidades agrícolas vegetales locales, en particular aquellos que siembran chile habanero. El Chile Habanero se ha convertido en un producto cada vez más popular en el mundo, y una de las zonas productoras más grandes es la Península de Yucatán. El Chile Habanero de Yucatán cubre el 80% de la producción total en México. Más del 50% de esta producción se dedica a la siembra de semillas nativas de la región. El mercado para este producto es muy exigente, que implica el uso de la tecnología para asegurar una alta productividad, rendimiento y calidad. El 50% de los productores utilizan baja tecnología, no usan fertilizantes, y lo producen sólo en ciertas épocas del año. El 30% de ellos aplican fertilizantes y agua en períodos críticos. El 20% de los productores tienen el control de plagas, proporcionan irrigación continua y limpian sus parcelas. Algunos de los problemas encontrados en la siembra de este producto son: problemas de salud vegetal (mosca blanca) y plagas defoliantes, que aumentan el riesgo y el costo de producción de los agricultores (Fundación Produce, 2011). La cadena de producción de Chile habanero es una prioridad para el Estado porque se trata de dos sectores económicos (producción agrícola y agroindustrial). El Instituto Tecnológico de Conkal fue la IES elegida porque los investigadores, egresados y estudiantes generan y transfieren el conocimiento científico y tecnológico con respecto a este sistema de producto (Chile habanero), el cual también puede contribuir a la innovación y los sistemas sustentables. En este sentido, el sistema nacional de innovación mexicano se compone de actores importantes como universidades, centros públicos de investigación, instituciones de gobierno, las empresas y las instituciones financieras. Un ejemplo de cómo puede ser creado éste sistema se realizó en el año 2005, a través de un proyecto en conjunto llamado "la

certificación original del Chile Habanero", en donde más de 35 investigadores, una industria y el gobierno del estado trabajaron para obtener dicha certificación.

Resultados

Sistemas Locales de Innovación como apoyo a la Sustentabilidad

La mayoría de los entrevistados no pudieron definir claramente que es un sistema de innovación local. De hecho, se ha prestado poca atención a este término, el cual no tiene una definición clara. Algunos autores han definido los sistemas de innovación nacional y regional, pero no los sistemas de innovación locales. Otros autores se refieren a los sistemas locales de innovación como la interacción de los diferentes agentes de innovación (incluidas las personas tradicionales), las estructuras formales e informales, y funciones insertadas en las comunidades locales a través de sus formas de trabajo (Torri y Laplante, 2009). Sin embargo, los entrevistados expresaron algunas ideas con respecto a los sistemas locales de innovación. Se pretendió explorar más cómo los sistemas locales de innovación pueden mejorar las condiciones de vida, reducir la pobreza, y considerar los principios de la sustentabilidad.

Un productor intermedio dijo que "este sistema es la creación de un clúster, lo que significa un conjunto de empresas que son a la vez proveedores y compradores, que van desde el sector primario al mercado de destino." Otro productor intermedio señaló que ya existen sistemas de innovación locales. Tal vez estos no se consolidan todavía, pero hay instituciones públicas y privadas que participan para hacer esto posible. Del mismo modo, un ex alumno indicó que hay comunidades locales que generan y transfieren conocimientos, pero todavía es un sistema incipiente. Otro ex alumno comentó que este sistema se encuentra en las comunidades agrícolas, donde los agricultores son los principales actores. Un investigador señaló que "se trata de un sistema dinámico, que es administrado por los productores, ya que se adaptan a las condiciones ambientales a través de su creatividad, experiencia y conocimiento." En este

sentido, un sistema de innovación puede ocurrir en un contexto social, como los pequeños agricultores, que implica interacciones de aprendizaje y conectividad (Tapsell & Woods, 2008). Uno de los ejecutivos hizo hincapié en que el concepto debe ser más estrecho, es decir, "un sistema de innovación agrícola, donde los actores principales se reúnen para lograr los objetivos, lograr una mayor productividad y un mayor impacto."

Los entrevistados que participaron en el análisis FODA definieron un sistema local de innovación como "una interacción entre todos los eslabones del sistema de producción; generar innovaciones para ser un sistema eficiente y dinámico para todos los niveles (educación, industrialización, comercialización, asistencia técnica y de producción primaria). " Llegaron a la conclusión de que un sistema de innovación local es un sistema en el que se utiliza la capacidad local (infraestructura y capital intelectual). Esta capacidad local incluye no sólo el elemento académico, sino también la infraestructura de producción, los negocios y las actividades no comerciales. Estas últimas actividades deberían integrar grupos rurales que se organizan para realizar actividades auto-sustentables para sus comunidades, las cuales también pueden tener un componente comercial. Sin embargo, un ejecutivo dijo: "Yo no sé si existe este sistema, pero definitivamente no está dando sus frutos, ya que la cadena de suministro no se coordina adecuadamente, cada eslabón de la cadena de suministro falla, sobre todo el sector primario. Podemos tener los mejores hombres de la ciencia, la innovación y buenos servicios, pero todavía estamos teniendo la pobreza extrema entre nuestros productores de Chile. Lo que se necesita es la articulación de un sistema orientado a los principios de sustentabilidad." Asimismo, un investigador comentó que la interacción entre los actores locales no está completamente integrada, ya que cada institución trabaja individualmente / independiente. No hay interacción o un trabajo en conjunto hacia metas comunes. Si este sistema existiera podría aumentar los niveles de vida y reducir la pobreza y la

contaminación, así como solucionar problemas de la agricultura a través de la combinación de conocimientos, concluyó el investigador.

Describir un sistema de innovación local no es difícil, pero el reconocimiento de su existencia y si se está apoyando en los principios de sustentabilidad, es contradictorio y difícil de asumir. Por eso, Clayton y Radcliffe (1997) afirman que un sistema es un conjunto complejo de elementos interrelacionados, donde las creencias humanas, normas y tradiciones están involucradas. Muchos de los entrevistados señalaron que las barreras pueden ser solucionadas, ya que la parte más difícil es romper la actitud de la gente y la complejidad de crear, implementar, operar y medir el impacto de los sistemas locales de innovación para el logro de la sustentabilidad. Algunos confirmaron que estas situaciones hacen que sea difícil consolidar los sistemas locales de innovación, porque nadie está interesado en la legislación, el desarrollo de políticas, la alineación del sistema y los resultados del aprendizaje entre diversos grupos sociales. Además, existe una falta de coordinación y evaluación para ayudar a administrar las actividades y acciones de sustentabilidad dentro del sistema. Por lo tanto, un modelo de hélice quíntuple puede representar una oportunidad en el futuro, pero actualmente las condiciones no pueden soportar tal situación. Sin embargo, las redes de conocimientos formales e informales están surgiendo no sólo en este sistema de productos, sino también en otros sectores.

El Nuevo Rol de las Instituciones de Educación Superior

¿Qué papel debe desempeñar una IES dentro de un sistema de innovación para la sustentabilidad? La capacidad que las IES tienen para facilitar la innovación que contribuye a la sustentabilidad y el desarrollo local puede ser muy amplia. Pero, al mismo tiempo, los problemas que enfrentan y cómo se están abordando es muy diverso y complejo. Las IES juegan un papel crucial en las actividades de generación de conocimiento y la innovación para el desarrollo regional. Caniäls y van den Bosch (2010) sostienen que las IES que se encuentran

en zonas suburbanas y rurales existen en parte para revitalizar las economías locales y el bienestar de la sociedad. Sin embargo, la mayoría de los participantes estuvieron de acuerdo en que existe una falta de una revitalización socio-económica de las comunidades locales y rurales debido a que los nuevos graduados no quieren apoyar a las comunidades agrícolas y rurales. Un ex alumno comentó que lo que está ocurriendo es que muchos graduados están buscando estatus como profesionales en las zonas urbanas, trabajando en corporaciones nacionales e internacionales, y no eligen trabajar directamente en la agricultura. Por ello, este ex alumno sugiere que los graduados y actores clave ingresen al sector agrícola a resolver problemas y buscar el desarrollo continuo. Pero, se está lejos de entender este comportamiento culturalmente. Por otra parte, un investigador mencionó que las IES y centros de investigación están fragmentados; un grupo genera la investigación básica y el otro grupo persigue la investigación aplicada. Por lo que, estos grupos no están armonizados y alineados para generar proyectos sustentables en la agricultura o para resolver problemas ambientales o sociales.

Tres categorías fueron identificadas como el nuevo rol que las IES deberían jugar en los sistemas de innovación agrícola con orientación hacia la sustentabilidad: a) generación del conocimiento, b) transferencia del conocimiento y c) contribución a la sustentabilidad. La mayoría de los participantes declararon que la generación del conocimiento es llevar ese conocimiento a los lugares donde se requiera; en este caso, las comunidades agrícolas, para mejorar sus condiciones de vida. El conjunto de investigadores señalaron que la generación de conocimiento debe estar vinculada al mundo real y problemas reales, equilibrando tanto investigación básica como aplicada. Por ejemplo: "Las universidades deben mantener como principio rector la solución de los problemas de la sociedad; el cual, debe ser la palanca para impulsar el desarrollo de la tecnología y de la ciencia." Algunos investigadores indicaron que la innovación ha ganado mucha importancia y tiene que ser generada en las aulas de las IES. En este sentido, las IES deben inculcar a los estudiantes el sentido creativo y la creación de

conocimiento; aunque, esto puede no terminar necesariamente en una tecnología disruptiva. Por esta razón, es necesaria la adaptación de los planes de estudio a las necesidades del medio ambiente y la sociedad.

En cuanto a la transferencia del conocimiento, Breznitz y Feldman (2012) sugieren que las interacciones de aprendizaje y la mejora de las habilidades para la transferencia de conocimiento incluyen diversos mecanismos formales e informales (licencias y redes sociales). Por ejemplo, un egresado mencionó que las universidades podrían desarrollar proyectos centrados en cuestiones sustentables, enfatizando la generación, difusión y uso de mejores prácticas en todos los sectores económicos. De esta manera, los proyectos de investigación beneficiarán a los productores, la industria, y, finalmente, a los consumidores a través de ciertos mecanismos. Además, debe haber un alineamiento y compromiso entre las IES y la sociedad. Mientras tanto, los investigadores destacaron que el establecimiento de programas científicos debe basarse en la aplicación del conocimiento para resolver inquietudes o demandas de la comunidad. Por esta razón, las IES deben articularse con las empresas y crear un triángulo con los productores para resolver no sólo un problema en el sector primario, sino también en los sectores secundario y terciario. Por ejemplo, un agricultor intermedio mencionó que "las IES deberían tener una mayor interacción con los productores; deben visitarlos en sus cultivos para ver lo que se necesita, se den cuenta de cuáles son los problemas que enfrentan, e investigar cuál puede ser la mejor solución sin el uso de productos químicos que no están permitidos por los estándares internacionales de calidad y exportación.

Con respecto a la contribución a la sustentabilidad, la mayoría de los investigadores indicaron que las IES deben entender que desempeñan un papel importante en el desarrollo de la región, con un enfoque en la sustentabilidad. En este caso, las universidades deben tener en cuenta algunos de los objetivos de la sustentabilidad (mantenimiento de los ecosistemas naturales y

culturales) cuando la investigación involucra la producción agrícola y los aspectos de mercado, añadió un ejecutivo. Para los ejecutivos, tres nuevos roles IES son necesarias: a) la identificación de proyectos de alto impacto que pueden revolucionar el sistema de producción, b) aumentar la calidad de vida de las personas que están involucradas en el sistema, y c) apoyar la investigación sobre la alimentación y la nutrición a una escala de las comunidades locales. El objetivo sería aumentar la producción con la ayuda de la tecnología, y como resultado, el productor obtendría su medio de vida, así como una alimentación adecuada y saludable. Otro ejecutivo mencionó que "enseñar a la gente a formar grupos sociales y el trabajo en equipo es vital porque esta asociación se ha perdido. Explicó que los indígenas tendían a ser comunales, que eran socios de colaboración. Con el desarrollo económico moderno, todo el mundo es competitivo; sin embargo, la competencia no siempre es necesaria." Los agricultores intermedios y otros ejecutivos señalaron que las IES deberían visitar los lugares más vulnerables para comprender las necesidades locales. "Es necesario romper barreras, conocer la actividad agrícola, y ver la realidad." En este sentido, Martínez et al. (2006) encontraron que los procesos colaborativos y de aprendizaje entre los actores clave pueden conducir a la búsqueda de necesidades y soluciones a los problemas sociales y ambientales.

Discusión

El estudio del sistema producto (Chile habanero) representó una buena oportunidad para poner de relieve la importancia de la construcción de los sistemas locales de innovación. Este sistema fue descrito como un sistema interactivo y dinámico en el que varios jugadores locales (de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba) interactúan para aprender, generar y transferir innovación y el conocimiento como apoyo a la sustentabilidad en la agricultura. Los sistemas agrícolas locales deben ser vistos como espacios importantes para la generación de conocimiento, la innovación y la sustentabilidad. Además, el análisis de las IES permitió la identificación de un papel institucional en actividades de innovación y sustentabilidad. La

presencia de un sistema de innovación local en esta región comenzó con la modesta participación del gobierno, la universidad y la industria. El aumento de la productividad del Chile habanero, la mejora de las prácticas agrícolas y el desarrollo de los estudios de impacto socioeconómico, son un claro ejemplo de la reorientación de las políticas gubernamentales para la innovación. Sin embargo, aún queda mucho por hacer para establecer un sistema de innovación agrícola en la región, que también considere a la sustentabilidad.

Pocos investigadores están colaborando y participando en equipos multidisciplinarios. No hay claras y aplicables directrices para la investigación y el desarrollo en materia de sustentabilidad en Yucatán y México. En general, no hay muchos países que consideren indicadores de sostenibilidad como parte de su sistema de innovación. De hecho, pocos estudios han explorado cómo los sistemas locales de innovación trabajan en el sector agrícola y qué medidas son necesarias para una transición hacia la sustentabilidad. Incluso en muchos países industrializados, los modelos de innovación no tienen en cuenta los principios de sustentabilidad. En estos modelos de innovación, el financiamiento para la investigación y el desarrollo en el mundo académico se centra en investigadores individuales o grupos de trabajo sobre proyectos individuales / temas. Esto significa que los mecanismos estructurales para una mejor interacción entre los investigadores de diferentes disciplinas, y entre y con los productores y la sociedad civil industrial son necesarios. Un concepto y visión de la innovación basada en la sustentabilidad deben ser establecidos por las IES a través de a) promover la educación y la investigación participativa y multidisciplinaria en apoyo de los principios de sostenibilidad y, b) la recomendación de políticas y mecanismos públicos orientados a la interacción de innovación-aprendizaje para la sostenibilidad. Steiner y Posch (2006) muestran que la investigación multidisciplinaria y la interacción entre profesores, investigadores y estudiantes con la sociedad civil de una región es crucial para la sustentabilidad, porque las redes de conocimiento y aprendizaje pueden ser construidos. La integración de múltiples

actores dará como resultado un mayor bienestar a las comunidades locales, a través del fomento de la investigación conjunta (científico y tradicional), la transferencia de los conocimientos, y el descubrimiento de las diferentes propuestas para lograr la sustentabilidad.

A manera de conclusión

Con base en las consideraciones anteriores podemos plantear que algunas aplicaciones y consideraciones para lograr la sustentabilidad en términos de innovación agrícola son: (1) decidir si la adopción de una tecnología o paquetes tecnológicos es susceptible a las condiciones locales, es apropiada para los agricultores, y que considere los límites naturales; (2) evaluar el riesgo y el impacto ambiental de un desarrollo tecnológico avanzado, y evaluar el manejo del cultivo actual y la gestión de residuos en la agricultura; (3) escuchar la voz y la opinión de cada uno de los interesados / agricultores en el proceso de generación de ideas y la toma de decisiones; (4) la construcción de relaciones sólidas y duraderas entre los productores locales, investigadores, consumidores, la agroindustria y el gobierno; y (5) ampliar los conocimientos sobre la gestión sustentable de la agricultura basada en la innovación tecnológica y no tecnológica. También, el modelo de la quintuple hélice puede ser una posibilidad si los actores locales unen sus fortalezas y oportunidades de apalancamiento (conocimientos, cultura, experiencias, prácticas, recursos y capacidades) para construir y consolidar un sistema de innovación agrícola local para la sustentabilidad. Pueden unir fuerzas y desarrollar vínculos con otros sistemas de innovación local y regional para fortalecer el sistema nacional de innovación agrícola que las comunidades agrícolas necesitan. Sin embargo, la presencia del modelo de la quintuple hélice en este sistema local parece ser desfavorable o poco desarrollado. Las condiciones para el aprendizaje y nuevas relaciones entre los actores de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba no están presentes. Por lo tanto, el gobierno, la universidad, la industria, la sociedad civil y las iniciativas de las comunidades

rurales podrían colaborar en la generación de conocimiento y aplicarlo al entorno natural y la sustentabilidad.

BIBLIOGRAFÍA

Armitage, D, Marschke, M, & Plummer, R 2008, 'Adaptive co-management and the paradox of Learning, *Global Environmental Change*', vol.18, pp.86-98.

Blewitt, J, & Tilbury, D 2014, *Searching for Resilience in Sustainable Development: Learning journeys in conservation*, USA: Earthscan.

Breznitz, S, & Feldman, M 2012, "The engaged university." *The Journal of Technology Transfer*, vol. 37, no.2, pp.139-157.

Bubela, T, & Caulfield, T 2010, 'Role and reality: technology transfer at Canadian Universities', *Trends in Biotechnology*, vol. 28, pp.447-451.

Caniëls, M, & Van den Bosch, H 2010, 'The role of higher education institutions in Building regional innovation systems', *Regional Science*, vol. 90, no.2, pp. 272-286.

Carayannis, E, & Campbell, D 2012, 'The Quintuple Helix Innovation Model: global warming as a Challenge and driver for innovation', *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, vol.1, pp.1:2.

Carayannis, E, & Campbell, D 2012, 'Mode 3 Knowledge Production in Quadruple Helix Innovation Systems', *SpringerBriefs in Business* 7, DOI 10.1007/978-1-4614-2062-0_1

Carayannis, E, & Ziemnowicz, C 2007, *Rediscovering Schumpeter: Creative Destruction Evolving into "Mode 3"*, Great Britain: Palgrave Macmillan.

Clark, W 2003, Institutional Needs for Sustainability Science, *Harvard University*. Retrieved from <http://sustainabilityscience.org/ists>

Clayton, A, & Radcliffe, N 1997, *Sustainability: a systems approach*, UK: Earthscan Publications Limited.

Cortese, A 2003, 'The Critical Role of Higher Education in Creating a Sustainable Future. *Planning for Higher Education*', Retrieved from: www.scup.org/asset/48483/cortese.pdf

Creswell, J 2009, *Research Design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*, California: SAGE Publications.

Evans, A, & Steven, D 2012, '*Sustainable development goals—a useful outcome from Rio+20? Briefing*', New York Centre on International Co-operation, New York, USA.

Gliessman, R, & Rosemeyer, M 2010, *The Conversion to Sustainable Agriculture: Principles, processes, and practices*, USA: Taylor & Francis Group.

International Council for Science 'ICSU' 2005. *Harnessing science, technology and innovation for sustainable development*, International Council for Science, A report from the ICSU-ISTS_TWAS Consortium ad hoc Advisory Group.

Leach, M, Rockström, J, Raskin, P, Scoones, I, Stirling, A, Smith, A, Thompson, J, Millstone, E, Ely, A, Arond, E, Folke, C, & Olsson, P 2012, 'Transforming Innovation for Sustainability', *Ecology and Society*, vol. 17, no. 2, pp.11.

Lundvall, B 1996, 'The social dimension of the learning economy', *Danish Research Unit For Industrial Dynamics Working Paper no. 96-1*.

Martinez, L, Gerritsen, P, Cuevas, R, & Rosales, J 2006, 'Incorporating principles of Sustainable development in research and education in western Mexico', *Journal of Cleaner Production*, vol. 14, pp.1003-1009.

Mezirow, J 2000, Learning to think like an adult: Core concepts of transformation theory. In: *Learning as transformation: Critical perspectives on a theory in progress*, Ed. Mezirow. San Francisco: Jossey-Bass.

Mog, J 2004, 'Struggling with Sustainability: A comparative framework for evaluating Sustainable development programs', *World Development*, vol. 32, no.12, pp.2139-2160.

Norberg-Hodge, H, Merrifield, T, & Gorelick, S 2002, *Bringing the Food Economy Home: Local alternatives to global agribusiness*, London: Zed Books.

Ostrom, E 2010. 'Beyond markets and states: polycentric governance of complex economic systems', *American Economic Review*, vol.100, pp.1-33.

Pearce, D, Markandya, A, & Barbier, E 1989, *Blue Print for a New Economy*, London: Earthscan Publications.

- Phillips, P** 2007, *Governing transformative technological innovation*, Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing Limited.
- Pretty, J** 2011, 'Interdisciplinary progress in approaches to address socio-ecological and ecocultural systems', *Environmental Conservation*, vol. 38, no. 2, pp.127–139.
- Robinson, J** 2008, 'Being undisciplined: Transgressions and intersections in academia and beyond', *Futures*, vol. 40, pp.70-86.
- Seyfang, G, & Smith, A** 2007, 'Grassroots innovations for sustainable development: Towards a new research and policy agenda', *Environmental Politics*, vol.16, no.4, pp. 584-603.
- Sinclair, J, Collins, S, & Spaling, H** 2011, 'The role of participant learning in community conservation in the Arabuko-Sokoke Forest, Kenya', *Conservation and Society*, vol.9, no.1, pp.42-53, 10.4103/0972-4923.79187
- Spielman, D, & Birner, R** 2008, *How Innovative Is Your Agriculture? Using Innovation Indicators and Benchmarks to Strengthen National Agricultural Innovation Systems*. Agricultural and Rural Development Discussion Paper 41, USA: World Bank.
- Stagl, S** 2007, 'Theoretical foundations of learning processes for sustainable development', *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, vol.14, no.1, pp.52-62.
- Steiner, G, & Posch, A** 2006, 'Higher Education for Sustainability by means of Transdisciplinary Case studies: an innovative approach for solving complex, real-world problems', *Journal of Cleaner production*, vol.14, no.9-11, pp.877-890.
- Tapsell, P, & Woods, C** 2008, 'A spiral of innovation framework for social entrepreneurship social innovation at the generational divide in an indigenous context', *Emergence: Complexity and Organization*, vol.10, no.3.
- Torri, M.C, & Laplante, J** 2009, 'Enhancing innovation between scientific and indigenous Knowledge: pioneer NGOs in India', *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, doi:10.1186/1746-4269-5-29.

Vollenbroek, F.A 2002, 'Sustainable development and the challenge of innovation', *Journal of Cleaner Production*, vol.10, pp.215-223.

United Nations Environment Program – UN 2002, *The Melbourne Principles for Sustainable Cities*. Integrative Management Series No. I. Retrieved from www.un.org

van Mierlo, B, Klerkx, L, & Leeuwis, C 2012, Evolution of systems approaches to agricultural innovation: concepts, analysis and interventions, In I. Darnhofer, D. Gibbon, & B. Dedieu (Eds.), *Farming Systems Research into the 21st. Century: the New Dynamic*, pp.453-487, UK: Springer.

Vergragt, P, & Brown, H.S 2007, 'Sustainable Mobility: from technological innovation to societal learning', *Journal of Cleaner Production*, vol.15, no.11-12, pp.1104-1115.

WFEO 2002, *Engineers and Sustainable Development*, Report prepared by the Committee On Technology (ComTech) of the World Federation of Engineering Organizations (WFEO), sponsored by the National Academy of Sciences and the National Science Foundation, Retrieved from May 2012: <http://www.ch2m.com/WFEO/index.htm>

Yin, R 2009, *Case Study Research: Design and Methods*, USA: SAGE.