

Bioetanol social: microdestilerías y autogestión

¿Qué beneficios sociales, ambientales, ecológicos y tecnológicos genera la producción, uso y adopción del bioetanol en el área periurbana de la Ciudad de México?

Responsable: Sylvie Le Borgne

Antecedentes del equipo interdisciplinario en el tema de investigación

Nombre	Antecedentes en el tema
Departamento de Procesos y Tecnología; División de Ciencias Naturales e Ingeniería	
Dra. Sylvie Le Borgne Dra. Maribel Hernández Dr. Juan Carlos Sigala Dr. Álvaro Lara Dr. Mauricio Sales Dr. Gabriel Vigueras	▪ Tesis de maestría en Ciencias de la Ingeniería Química. «Producción de etanol celulósico a partir de olote de maíz con una cepa termotolerante de <i>Kluyveromyces marxianus</i> (Km24).» Alumna: Karina Gabriela Maldonado Ruiz Esparza (2017). Directoras: Sylvie le Borgne y Lorena Pedraza ▪ Pedraza L*, Flores A, Toribio H, Quintero R, Le Borgne S*, Moss-Acosta C, Martínez A* (2016) Sequential thermochemical hydrolysis of corncobs and enzymatic saccharification of the whole slurry followed by fermentation of solubilized sugars to ethanol with the ethanologenic strain <i>Escherichia coli</i> MS04. BioEnergy Research (special issue on Bioenergy in Mexico) 9:1046–1052 ▪ Proyecto CONACYT Ciencia Básica (2011-2016): «Estudios básicos sobre tolerancia y adaptación de levaduras a inhibidores de fermentación encontrados en hidrolizados de biomasa lignocelulósica.» Responsable: Sylvie Le Borgne ▪ Proyecto acuerdo 01/2011 del Rector de la UAM-Cuajimalpa (2011-2013): «Retos y oportunidades del aprovechamiento de la biomasa lignocelulósica para la obtención de biocombustibles y otros productos de valor agregado en México –un enfoque social y tecnológico » Responsable: Sylvie Le Borgne ▪ Participante en Proyecto BIOPROAM de Red Internacional del Programa Alfa de la Unión Europea (2007-2009): «Bioprocesos: Tecnologías limpias para la protección y sustentabilidad del medio ambiente». Coordinador: Germán Aroca, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile ▪ Participante en Proyecto BIORECA de Red Internacional del CYTED (2007-2009): «Bioprocesos para Remediación y Reducción de la Contaminación Ambiental» financiado por el CYTED. Coordinador: Domingo Cantero Moreno, Universidad de Cadiz, España ▪ Participante en Proyecto acuerdo 13/2007 del Rector General de la UAM (2007-2009): «La biomasa recurso sustentable esencial: el caso de la producción de etanol. » Responsable: Rodolfo Quintero
Departamento de Ciencias Sociales; División de Ciencias Sociales y Humanidades	
Dra. Miriam Alfie Cohen Mtra. Socorro Flores Gutiérrez	▪ Tesis de Maestría en Planeación y Políticas Metropolitanas: «Mucho ruido y pocas soluciones: Los corredores peatonales en el Centro Histórico de la Ciudad de México y su impacto en la contaminación auditiva. Políticas de ciudad caminable.» Alumno: Osvaldo Salinas Castillo (2015). Directora:

			Miriam Alfie ▪ Tesis de Maestría en Planeación y Políticas Metropolitanas: «Respirar la ciudad. Las relaciones intergubernamentales en la política de calidad del aire.» Alumna: Susana Silva Cruz (2015). Directora: Miriam Alfie ▪ Proyecto SEMARNAT/CONACYT (2015-2017): «Análisis de la vulnerabilidad y resiliencia al cambio climático en sistemas socio-ecológicos periurbanos.» Responsable: Miriam Alfie ▪ Proyecto acuerdo del Rector de la UAM-Cuajimalpa (2015-2017): «Transformación socio-tecnológica para el manejo sustentable de residuos orgánicos universitarios. » Responsable: Miriam Alfie ▪ Proyecto Research Faculty Program, ICCS, Canadian Embassy (2010): «Environmental Governance: A comparative study between Canada and Mexico. » Responsable: Miriam Alfie ▪ Proyecto CONACYT (mayo-octubre, 2010): «La Gobernanza Ambiental en México: Un análisis comparativo con la experiencia holandesa.» Responsable: Miriam Alfie ▪ Alfie, M. (2015). (coordinadora). Litnoah. Ambiente y Territorio. División de Ciencias Sociales y Humanidades, México, UAM-C. ISBN: 978-607-28-0622-1 ▪ Alfie, M. (2012). (coordinadora). Poverty Alliviation and Environmental Law, UK, Edward Elgar Publishing Ltd ▪ Alfie, M. (2011). (coordinadora). Comprometidos para Negociar. Conflicto y Gobernanza Ambiental (Holanda, Canadá y México). México, UAM-C, Juan Pablos Editores
Departamento de Teoría y Procesos del Diseño; División de Ciencias de la Comunicación y Diseño			
Mtra. Parra	Brenda	García	▪ Tesis de maestría en Diseño Industrial: «Producción de materiales para el diseño a partir de vegetación desértica en México.» Alumna: Melissa Valencia (2015). Directora: Brenda García Parra ▪ Tesis de maestría en Diseño Industrial: «Materiales biocompuestos para el diseño ecológico. Caso de estudio: Fibras de bagazo de Agave tequilana como agente de refuerzo para el biopolímero PLA.» Alumno: Leonardo Echeverría Arjonilla (2013). Directora: Brenda García Parra ▪ García B. (2014) <i>Enfoques de sustentabilidad en la ONU. La perspectiva cultural como elemento clave</i> en Discursos sobre el diseño, la relación con el entorno natural y la sustentabilidad. México, UAM. ISBN: 978-607-28-0256-8 ▪ García B. (2008). Ecodiseño. Nueva herramienta para la sustentabilidad, México, Editorial Designio. ISBN : 978 968 5852 11 1 ▪ Participante del Proyecto Erasmus+ de la Unión Europea EAC/A04/2014 (2015-2018) «LeNS Learning Network for Sustainability.» Coordinador: Dr. Carlo Vezzoli, Instituto Politécnico de Milán, Italia ▪ Proyecto «Diseño de Hábitats para especies polinizadoras urbanas bajo condiciones climáticas, productivas y sociales en México. » (2014-2016) Responsables: Marcelo Olivera Villarroel y Brenda García Parra ▪ Proyecto acuerdo 01/2011 del Rector de la UAM-Cuajimalpa (2011-2013): «Áreas verdes con micro algas en el paisaje urbano para la reducción de gases de efecto invernadero: aspectos operacionales, económicos, estéticos y educativos.» Responsables: Sergio Revah, Marcia Morales, Brenda García

Objetivos específicos del proyecto (problemáticas a ser abordadas)

1. Plantear oportunidades de innovación social, tecnológica y económica para la generación y auto-gestión de energía en comunidades periurbanas de la Ciudad de México.
2. Realizar una exploración inicial de las zonas periurbanas de la Ciudad de México propicias, desde el punto de vista técnico, económico y social, para la producción de bioetanol.
3. Evaluar, desde un punto de vista tecnológico y ambiental, posibles configuraciones para el proceso de producción del bioetanol en microdestilería, mediante el uso de modelado matemático, simulación de procesos y experimentación exploratoria a nivel laboratorio.
4. Evaluar la posibilidad de adopción del bioetanol en las comunidades periurbanas por estudiar, sus repercusiones socio-económicas, ambientales, y el uso del biocombustible en transporte, estufas y fogones.

Relevancia y pertinencia

El uso de combustibles fósiles ha conducido a un deterioro importante del planeta. La contaminación generada por éstos y su impacto en el calentamiento global impulsan la búsqueda de nuevas tecnologías que permitan cuidar y preservar nuestro planeta, además de reducir paulatinamente nuestra dependencia del petróleo. Se tienen datos que el bioetanol es una fuente más limpia de combustible pues emite entre 40-80% menos gases de efecto invernadero, reduce la lluvia ácida, mejora la calidad del aire en zonas urbanas, no contamina el agua y reduce los residuos.¹

Uno de los usos más importantes de este biocombustible es en los coches de gasolina, pues se ha comprobado que éstos pueden funcionar con mezclas de etanol/gasolina de hasta en un 25%, sin que se tengan que modificar los motores. El uso del etanol como oxigenante en la gasolina en porcentajes de 10 y 20%, para incrementar el octanaje, trae beneficios ambientales al reducir los gases contaminantes del escape de los automóviles.^{2,3} El oxigenante actual (MTBE, metil tert-butil éter), usado para sustituir el plomo a partir de los años setenta, es un producto de la industria petroquímica y por su alta solubilidad en agua ha contaminado los acuíferos además de haber sido catalogado como carcinógeno potencial.⁴

Actualmente, el 50% de la población mundial vive en ciudades y se prevé que la población urbana mundial seguirá creciendo, llegando al 66% en el 2050.⁵ Las ciudades son responsables del 75% del consumo energético global y del 80% de la emisión de gases de efecto invernadero.⁶ Ante los desafíos del cambio climático y de la transición energética, lo que ocurra en las ciudades será entonces determinante para avanzar hacia el desarrollo sustentable, basado en resiliencia y desarrollo adaptativo. En este contexto, las ciudades en transición intentan elaborar estrategias para dejar de depender de los combustibles fósiles.

Las zonas periurbanas de las ciudades son sistemas socio-ecológicos que permiten la reproducción de la vida urbana. Su cuidado y protección se convierte en un elemento clave en la búsqueda de soluciones integrales frente al deterioro ambiental. La conservación de bosques y áreas verdes, así como el agua y sus cultivos son cinturones de protección frente al cambio climático en las ciudades en transición. Entendemos a las zonas periurbanas como aquellos espacios localizados en las periferias urbanas que sirven de interface entre lo urbano y lo rural, espacios que presentan contigüidad espacial y que son zonas con atributos tanto urbanos como rurales. Pueden tipificarse de tres maneras, a saber: como espacios construidos, de cultivo y/o naturales. De igual manera, estas zonas pueden ser analizadas desde una posición donde se conjuga lo moderno con lo tradicional, espacios híbridos donde las interacciones sociales de los individuos, los grupos y/o las instituciones van delineando el panorama societal, otorgándole características propias. En términos operativos los espacios periurbanos son aquellos que se distinguen de lo urbano y de lo rural por tener una mayor heterogeneidad de usos de suelo. Estos espacios interface serán un lugar fundamental en la búsqueda de soluciones socio-ambientales para las ciudades en transición.⁷

En cuanto al petróleo, principal fuente de energía de origen fósil, su uso se concentra principalmente en el rubro de transporte (Fig. 1). En la actualidad es innegable el impacto medioambiental generado por el uso de los combustibles fósiles. Un claro ejemplo se encuentra en el rubro del transporte por carretera, que se posiciona como el principal emisor de gases efecto invernadero, con una contribución de 23.9% de óxido de nitrógeno (N_2O) y dióxido de carbono (CO_2), respectivamente, en relación al total de las emisiones, inmediatamente seguido del sector de producción y transformación de la energía (23.4%) y muy por delante del sector combustión industrial (15.2%) y del sector agrícola (10.4%).⁸ La situación se presenta aún más compleja si se tiene en cuenta que el parque vehicular mundial, incluyendo transporte comercial y de pasajeros, alcanza aproximadamente los 1,200 millones de vehículos, cifra que podría duplicarse en los próximos 20 años como consecuencia del impulso de la clase media en los países emergentes⁹.

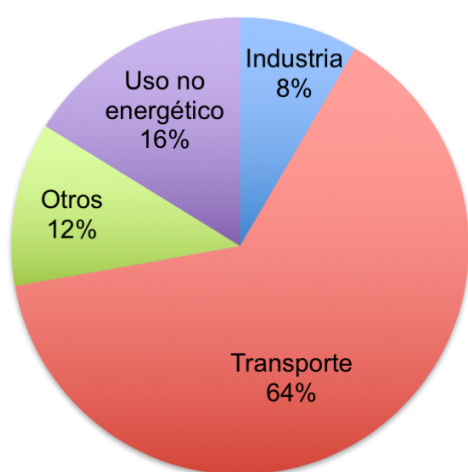


Figura 1. Consumo de petróleo por sector en el mundo.¹⁰

La transición urbana hacia el transporte sostenible incluye desincentivar el uso de los coches convencionales, introducir vehículos eléctricos, promover el transporte público, bicicleta o metro. El coche eléctrico llegará tarde o temprano, sin embargo, no será antes del 2030-2040 que bajará significativamente el consumo de gasolina (Fig. 2). Es entonces claro que el vehículo convencional de gasolina se seguirá usando por muchos años más.

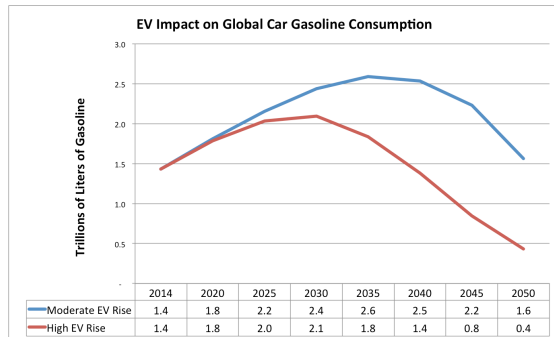


Figura 2. Consumo de gasolina en función de la posible introducción de vehículos eléctricos en el mundo.

En megaciudades como la Ciudad de México, el mejoramiento del transporte público está en proceso. Se estima que la aplicación del programa Hoy No Circula ha permitido reducir la emisión de contaminantes en cerca de 18%. Frente al crecimiento exponencial de la compra de automóviles en la Ciudad de México, donde se calcula que de 2012 a 2017 se incrementó en un 300% y se estima que el parque vehicular llegaría a 7.5 millones de autos en el 2020, se vuelve entonces prioritario empezar a pensar en un cambio que permita ir transitando de la dependencia de gasolinas a nuevas tecnologías que apuntan al cuidado ambiental y a un cambio en los patrones de producción-consumo.

La situación de la gasolina en México cambió significativamente a partir del año 2004, cuando se alcanzó la cúspide de la producción de crudo (3.4 millones de bpd). Desde entonces se está registrando un acelerado declive en la producción de crudo que hoy día alcanza unos 2 millones de bpd (Fig. 3a). Con respecto a la producción de gasolina, ha sucedido algo similar, pero en sentido inverso, incrementándose de manera importante la importación de gasolinas a partir del 2004 (Fig. 3b) hasta alcanzar un 67% de gasolina importada en el 2016.

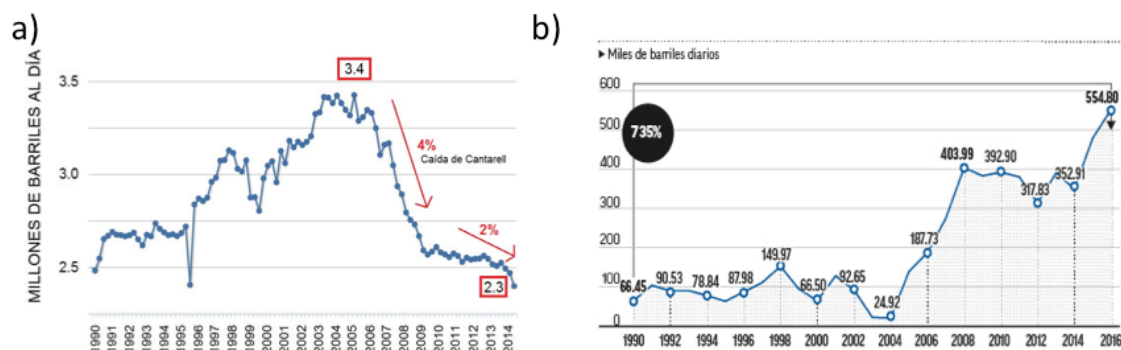


Figura 3. Producción de petróleo en México entre 1990 y 2014 (a) e importaciones de gasolina entre 1990 y 2016 (b).^{11,12}

Esta creciente importación se debe a que el sistema de refinerías de PEMEX es insuficiente tanto en capacidad de producción como en tecnología por no haberse realizado las adecuaciones y modificaciones técnicas que se requieren para producir gasolina a partir de los crudos pesados y de menor calidad que produce actualmente México. Ante esta situación conviene revisar lo que se ha hecho en otras regiones del mundo.

El bioetanol surge en Brasil en los años setenta, con el llamado programa del alcohol “Proalcohol”, cuando ese país no tenía ni divisas ni petróleo que procesar para comprar o producir gasolina. Hoy día el 25% de la gasolina brasileña es bioetanol producido a partir del azúcar de caña. En ese país, se han desarrollado vehículos con tecnología “flex”, disponibles en el mercado desde el 2003, que pueden funcionar tanto con etanol como con gasolina o mezclas de gasolina/etanol en diferentes proporciones. Brasil es actualmente el segundo productor mundial y el mayor exportador de bioetanol en el mundo mientras que Estados Unidos, el otro país líder, es el primer productor mundial de bioetanol con una producción que alcanzará en el 2022 la cantidad de 36 mil millones de galones por año de los cuales 15 mil millones se obtendrán a partir de almidón de maíz y el restante a partir de residuos lignocelulósicos.¹³

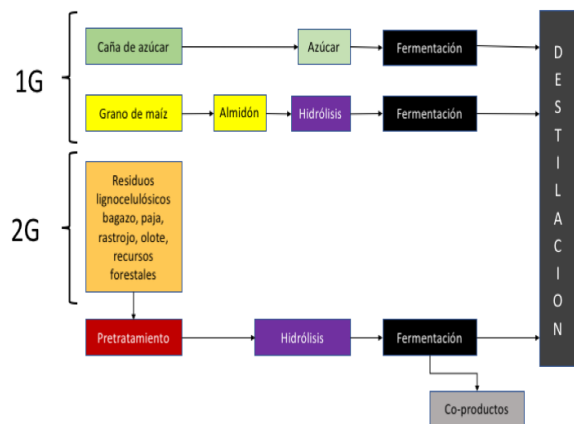


Figura 4. Tecnologías de producción de bioetanol de acuerdo al tipo de materia prima.

Desde un punto de vista técnico, se tienen actualmente dos tipos de tecnologías denominadas “Generaciones” de acuerdo a las materias primas que se utilizan para producir el bioetanol (Fig. 4). Los biocombustibles de primera generación “1G” son producidos a partir de azúcar o almidón, de una porción específica, frecuentemente comestible de plantas, como caña de azúcar, granos de maíz, trigo, sorgo, etc. La principal preocupación entorno a este tipo de biocombustibles es la utilización de superficies cultivables y de alimentos para la producción masiva de combustibles, contribuyendo al alza en los precios de alimentos básicos aunado al posible deterioro ambiental en términos de ocupación de tierras y deforestación. Los biocombustibles de segunda generación “2G” son producidos a partir de biomasa residual no alimenticia (residuos lignocelulósicos) y por lo tanto no compiten con la producción de alimentos ni requieren de superficies de cultivo adicionales. Ejemplos de materias primas “2G” son bagazos, pajas, olotes, rastrojos, residuos forestales, etc. Se cuenta con más de 350 instalaciones industriales de producción de bioetanol “1G” en Brasil y Estados Unidos y, desde el 2014, se tienen 10 biorefinerías de bioetanol que utilizan diversos residuos agrícolas, la primera planta comercial “2G” utiliza olote de maíz como materia prima.

En México desde hace varios años algunos grupos académicos de diversas universidades y centros de investigación han venido estudiando las tecnologías “2G”. En este sexenio CONACyT ha propiciado el establecimiento de 2 grandes redes de bioenergéticos, una a través de SAGARPA y la otra a través de SENER, estas redes deberían llegar hasta nivel planta piloto de demostración. Se puede suponer que los grupos mexicanos tendrán la capacidad de generar tecnologías para obtener bioetanol a partir de residuos de olote o rastrojo de maíz, bagazo de agave o de caña, ente otros residuos lignocelulósicos disponibles en el país, lo cual permitirá el surgimiento del bioetanol en México, que de acuerdo a la norma mexicana existente podría ser mezclado con gasolina hasta en un 6%.

La disponibilidad y ubicación actual de los residuos lignocelulósicos en México permite prever problemas de abasto si se implementa la producción de bioetanol en plantas de gran tamaño que son las trayectorias tecnológicas que se han estado trabajando a nivel mundial. Por otra parte, no es viable pensar que el bioetanol tenga que ser transportado desde regiones lejanas hacia las ciudades. El desarrollo de plantas de menor tamaño llamadas “microdestilerías” desconcentradas y que utilicen materias primas locales ha sido propuesto en Brasil. Se ha estimado que el grado de renovabilidad del bioetanol producido en microdestilerías es de 64% comparado con un 30% para el bioetanol producido en plantas de gran tamaño.¹⁴

El concepto de microdestilerías está siendo implementado en granjas, cooperativas, comunidades urbanas y comunidades aisladas, principalmente en Brasil, en las cuales se produce etanol “1G” y recientemente “2G”. El etanol producido es usado a proximidad para el transporte o para alimentar estufas y fogones reduciendo la contaminación por quema de leña. A la par se busca la producción paralela de coproductos y la valorización de subproductos y desechos del proceso. La levadura es por ejemplo recuperada después de la fermentación y utilizada como alimento y la vinaza como fertilizante. Otros ejemplos exitosos de microdestilerías se encuentran en Noruega, en asociación con la industria del papel y de la celulosa, o en Etiopia, con la industria azucarera, para producir etanol tanto para alimentar estufas como para ser mezclado con gasolina. Estas iniciativas aportan beneficios sociales, ambientales y económicos para las poblaciones locales.

Una veta de análisis de esta investigación se enfoca en la producción de bioetanol por comunidades periurbanas para determinar la posibilidad de su cultivo como aliciente económico que permita la auto-gestión de recursos, así como un uso racional del combustible en la elaboración de alimentos. El bioetanol al ser una fuente de combustible renovable y doméstico, permite a las comunidades una producción limpia y un uso en su vida cotidiana, al mismo tiempo reduce la dependencia del petróleo y el uso de leña y plástico en el encendido de estufas (fogones) caseras. Las zonas periurbanas pueden servir de laboratorios de transición para experimentar estos nuevos modelos.¹⁵

En este sentido, la posibilidad de fomentar un cultivo y producción autogestivos de una fuente de combustible renovable, abre también la oportunidad de analizar una alternativa al actual sistema económico (mayoritariamente centralizado) bajo el cual se ha producido la gasolina en nuestro país. Además del efecto resultante, anteriormente comentado, relacionado con una

limitación productiva para cubrir la demanda total y realizar modificaciones y adecuaciones técnicas, la centralización de la producción de combustible resulta asimismo una limitación ante una eventual disminución, escasez o imposibilidad de producción y distribución de dicho combustible.

El modelo de las “Economías Distribuidas”, definido por Johansson como “*producción compartida y distribuida en regiones en las que las actividades se encuentran organizadas en pequeña escala, a partir de unidades flexibles que se encuentran sinérgicamente conectadas entre sí*” permite que las unidades de producción se encuentren localizadas en o cercanas a los usuarios finales (quienes se desarrollan como organizaciones, instituciones, empresarios o productores locales).¹⁶ Si estas pequeñas unidades de producción se encuentran interconectadas, la posibilidad de gestionar y compartir colaborativamente los recursos, bienes, servicios y conocimientos producidos aumenta, generando así una red de economía local distribuida y conectada con otras redes de producción cercanas (Fig.5). El análisis del actual modelo de producción y uso de gasolina en la Ciudad de México y su replanteamiento hacia una configuración de Economía distribuida en las zonas periurbanas permitiría introducir los modelos autogestivos mencionados anteriormente.

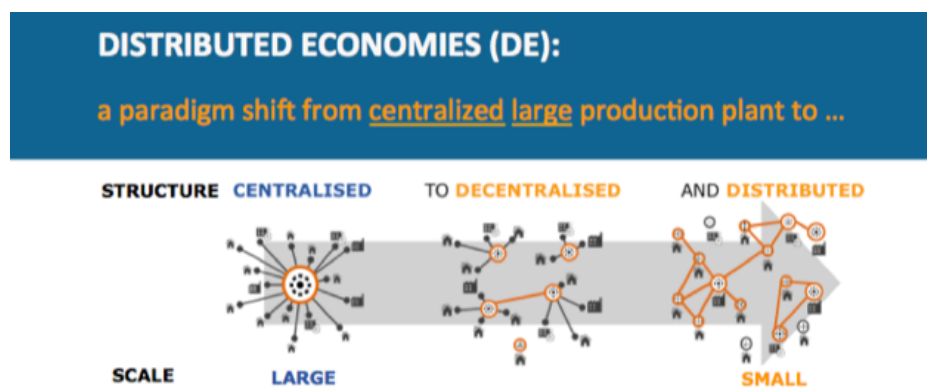


Figura 5. Economías distribuidas.¹⁷

Dentro de los diferentes modelos de Economías Distribuidas existentes, en el caso particular de la presente propuesta de investigación, el modelo particular a analizar es la “*Generación Distribuida de Energía Renovable*” que contempla toda aquella producción, gestión, uso y distribución de energía generada en pequeñas unidades interconectadas y gestionadas localmente (hogares, plantas comunitarias, etc.), propiciando una configuración en micro-redes. Esta configuración promueve el uso de recursos locales por los mismos habitantes, lo cual incide directamente en su interés por conservarlos; reducción de altos niveles de impacto ambiental generados por la distribución, empaque y transporte de recursos; reducción de costos de distribución; alta participación y democratización del acceso a los recursos por parte de los productores locales, entre otros, brindando idealmente beneficios ambientales y socio-éticos.¹⁸

Implementación y utilidad de los resultados

Los resultados obtenidos de nuestra investigación permitirán:

1. Determinar la posibilidad de introducción del bioetanol en comunidades periurbanas de la Ciudad de México, como espacios de protección y renovación ambiental.
2. Analizar el impacto de la producción de bioetanol en una escala descentralizada fijando impactos tecnológicos, económicos, sociales y ambientales.
3. Generar datos que permitan a los tomadores de decisiones, experimentar con la introducción del bioetanol en algunas comunidades periurbanas de la CDMX.
4. Modificar usos y costumbres de comunidades a partir de producción limpia (autogestión) e introducción de estufas que funcionen con bioetanol.
5. Generar antecedentes directos que permitan someter esta propuesta a diversas convocatorias, tantas nacionales como internacionales, de proyectos de investigación, intercambio académico o redes.

Calendario para el desarrollo de la investigación e implementación correspondiente

Actividad		Mes											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Análisis de la periurbanidad de la CDMX (posibilidades de producción, materias primas, uso y adopción del bioetanol) (DCNI, DCSH, DCCD)	X	X	X	X								
2	Evaluación de las interacciones sociales y económicas derivadas del análisis de la periurbanidad (principalmente DCSH y DCCD)				X	X	X	X					
3	Estudio comparativo de algunos casos exitosos a nivel mundial ((DCNI, DCSH, DCCD)				X	X	X						
4	Determinar posibles casos de estudio en la periurbanidad de la Ciudad de México considerando factores tecnológicos, ambientales, económicos y sociales (DCNI, DCSH, DCCD)					X	X	X	X				
5	Evaluación preliminar de aspectos tecnológicos y ambientales del proceso de producción de bioetanol con una materia prima periurbana mediante diseño, modelado y simulación de procesos (principalmente DCNI, la materia prima será escogida en conjunto con DCSH y DCCD)					X	X	X	X	X	X		
6	Trabajo experimental exploratorio a nivel laboratorio para producir bioetanol con una					X	X	X	X	X	X		

Referencias

¹Castro-Martínez et al. (2012). Producción de biodiesel y bioetanol: ¿una alternativa sustentable

²<http://www.eleconomista.es/ecomotor/motor/noticias/6225494/11/14/Anadir-etanol-a-un-coche-de-gasolina-aumenta-su-rendimiento-y-eficiencia.html>

³Jesús Antonio Camarillo Montero (2011) Estudio de la combustión de un motor monocilíndrico de ignición alimentado con mezclas gasolina-etanol anhidro e hidratado a distintas concentraciones. Tesis de maestría en Ingeniería Energética, Universidad Veracruzana

⁴Ana Luisa Bravo de la Garza (2015) Estudio de la expresión de las enzimas alcano monooxigenasas involucradas en la biodegradación del MTBE por cometabolismo en diversas especies de *Pseudomonas*. Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma Metropolitana

⁵<http://www.un.org/es/development/desa/news/population/world-urbanization-prospects-2014.html>

⁶<http://www.un.org/press/en/2007/gaef3190.doc.htm>

⁷Alfie et al. (2016). Informe: análisis de la vulnerabilidad y resiliencia al cambio climático en sistemas socio-ecológicos periurbanos. Proyecto SEMARNAT/CONACYT (2015-2017)

⁸Jiménez Herrero L.M. (2011) Transporte y movilidad, claves para la sostenibilidad. [http://www.fgcsic.es/lychnos/es_ES/articulos/transporte movilidad claves para la sostenibilidad](http://www.fgcsic.es/lychnos/es_ES/articulos/transporte%20movilidad%20claves%20para%20la%20sostenibilidad)

⁹Pozzi S. (2016) La demanda mundial de carburantes alcanzará su máximo en 2035. http://economia.elpais.com/economia/2016/02/28/actualidad/1456692137_914451.html

¹⁰International Energy Agency (2015) Key World Energy Statistics.

¹¹<http://produccionpetroleomexico.blogspot.mx>

¹²<http://www.elfinanciero.com.mx/economia/pemex-toca-record-no-visto-en-26-anos-en-importacion-de-gasolina.html>

¹³Monteiro Salles-Filho S.L. et al. (2016) Global bioethanol. Evolution, risks, and uncertainties. Elsevier (Londres)

¹⁴Goncalves et al. (2015) Use of cultivars of low cost, agroindustrial and urban waste in the production of cellulosic ethanol in Brazil: A proposal to utilization of microdistillery. Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 50, pp. 1287-1303

¹⁵Serna et. al. (2011). Impacto social y económico en el uso de biocombustibles”, en Journal of Technology, Management and Innovation. vol. 6, no. 1, pp. 1-15

¹⁶Johansson A. et al. (2005). Distributed economies - A new engine for innovation. Journal of Cleaner Production, vol. 13, pp. 971-979.

¹⁷Proyecto LeNS (The Learning Network for Sustainability) 2016

¹⁸Proyecto LeNSes, EU edulink Project. 2013- 2016. <http://www.lenses.polimi.it/>