

**MEMORIAS**

**Simposio sobre  
Crecimiento Verde  
y Política  
Económica**



Bogotá D.C, Julio 18 y 19 de 2017



**SIMPOSIO**  
**Crecimiento Verde y Política Económica**  
Bogotá D.C., Julio 18 y 19 de 2017



**DNP** Departamento  
Nacional  
de Planeación



**MINHACIENDA**



Global  
Green Growth  
Institute



**AFD**



**MISIÓN DE CRECIMIENTO VERDE**

**DIRECTOR:**

Hernando José Gómez

**EDITADO POR:**

Mónica Patricia Parra Acevedo

Andrea Paola Rodríguez Beltrán

AGRADECIMIENTO: Se agradece la colaboración de  
Mayra Alejandra Ramírez y Manuela Fonseca Gómez

## CONTENIDO

Introducción.....	5
Estructura del Simposio.....	6
Discurso de apertura.....	10
Agenda.....	12
Conferencistas Internacionales.....	16
Participantes.....	19
Desarrollo del simposio.....	20
Apéndice: Artículos presentados en el simposio.....	55
Long-term abatement potential and current policy trajectories in Latin American countries.....	55
Ana María Loboguerrero.....	55
Impuestos ambientales diferenciados espacialmente en Colombia: un modelo teórico de equilibrio general con capital natural.....	67
Carlos Andrés Vasco Correa.....	67
Technology of drought-tolerant beans.....	80
A case study in the series: Economic foresight for understanding the role of investments in agriculture for the global food system.....	80
Carlos Eduardo González Rodríguez.....	80
Recompensas condicionales para un comportamiento sostenible: lecciones de focalización de una pesquería de acceso abierto.....	91
César Mantilla.....	91
Aplicación del modelo de elección colectiva en organizaciones campesinas productivas de Colombia.....	95
Clemencia Martínez.....	95
Género, cooperación y comunicación: Evidencia experimental sobre el uso de los recursos del manglar en el Pacífico nariñense.....	100
Yady Marcela Barrero.....	100
Willingness to accept local wind energy development: Does the compensation mechanism matter?.....	110
Jorge H. García.....	110
Análisis de percepción y demanda de vegetales orgánicos: caso tomate orgánico en la ciudad de Cali 2015-2016.....	135
Ligia Gómez.....	135

Assessment of the Circular Economy Transition Readiness at a National Level: The case of Colombia .....	144
Claudia García .....	144
Estrategia para alcanzar una economía circular en Colombia .....	156
Jully Andrea Herrera Jaramillo.....	156
Oportunidades para la recuperación de recursos en centros urbanos basadas en la gestión circular y descentralizada de residuos orgánicos municipales. ....	165
Claudia Pabón Pereira .....	165
Análisis del ciclo de vida de mampostería y su consumo energético e hídrico .....	175
Sergio Ballén.....	175
Una evaluación de la eco-eficiencia en la economía colombiana .....	181
Enrique Gilles .....	181
End-of-life tire management in Colombia: Challenges in implementing the extended producer responsibility in an emerging market .....	188
Jooyoung Park .....	188
Fondos de Agua, Hidroenergía por Diseño y Pagos por Servicios Ambientales: Herramientas e Instrumentos Económicos que promueven el Crecimiento Verde.....	199
Margarita Gutiérrez .....	199
Valoración Económica de Coberturas en Predios Agropecuarios de Belén de los Andaquíes, Caquetá .....	202
Yelly Yamparli Pardo Rozo .....	202
Esquemas tipo PSA y la gestión del Páramo.....	215
Juan Pablo Romero Rodríguez .....	215
Tracking domestic financial flows supporting climate investment: lessons learned from the Landscape of climate finance in France .....	227
Hadrien Hainaut.....	227

## INTRODUCCIÓN

El Simposio sobre Crecimiento Verde y Política Económica se llevó a cabo durante los días 18 y 19 de julio de 2017 en la ciudad de Bogotá D.C. El evento fue organizado por el Departamento Nacional de Planeación (DNP), en colaboración con el Instituto Global de Crecimiento Verde (GGGI), la Universidad de los Andes, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Ministerio de Hacienda y Crédito Público, y con el apoyo de instituciones como la Agencia Francesa para el Desarrollo, el Banco Mundial y el Fondo Acción.

El propósito de este simposio fue el de promover temas de investigación académica en crecimiento verde y divulgar los resultados de investigaciones destacadas en el ámbito nacional, así como vincular a los miembros de la academia a realizar aportes técnicos para la formulación de una política pública de crecimiento verde en Colombia, la cual viene siendo construida en el marco de la Misión de Crecimiento Verde liderada por el Departamento de Planeación Nacional de Colombia.

El Simposio tuvo cuatro objetivos principales: i. Interesar a la comunidad académica en temas de crecimiento verde; ii. Retroalimentar con insumos técnicos a la Misión de Crecimiento Verde (MCV) del Departamento Nacional de Planeación (DNP) desde el ámbito académico; iii. Estimular la producción intelectual en temas de crecimiento verde en las instituciones académicas nacionales; iv. Invitar expertos académicos internacionales para conocer su visión y experiencias en temas de crecimiento verde.

La estructuración de la agenda del Simposio involucró un proceso de selección de ponencias a partir de una convocatoria abierta en la que se recibieron más de 70 candidaturas. Miembros del Gobierno e instituciones relevantes fueron invitados como moderadores en las discusiones para generar acercamiento entre los académicos, y los diseñadores y ejecutores de políticas públicas.

A la reunión asistieron conferencistas provenientes de 9 países: Francia, Holanda, Estados Unidos, Canadá, Bélgica, Costa Rica, Corea del Sur, Uruguay y España, y alrededor de 20 académicos nacionales de diversas instituciones de educación superior y centros de investigación de todo el país.

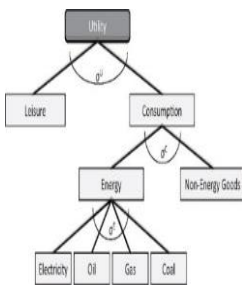
Con alrededor de 300 participantes y más de mil seguidores de la transmisión en vivo, este evento brindó una invaluable oportunidad de congregarse a la comunidad académica y a miembros de instituciones gubernamentales e internacionales para comprender los desafíos del crecimiento verde para la economía colombiana, así como para crear conciencia entre los líderes colombianos sobre la sinergia entre el crecimiento económico y la inclusión ambiental y social.

Este documento recoge los principales acontecimientos del evento e incorpora en su sección final los artículos presentados por los investigadores y académicos que hicieron parte del evento, para que puedan ser conocidos y consultados por todos los interesados en la investigación en crecimiento verde.

## ESTRUCTURA DEL SIMPOSIO

El Simposio discutió en sesión plenaria cuatro temas principales: economía del comportamiento, modelación económica, economía circular, e instrumentos económicos y financieros para el crecimiento verde.

En cada sesión plenaria hubo un conferencista internacional invitado, quien hizo una presentación central, seguido de la exposición de artículos y trabajos de investigación seleccionados en el marco del tema de la sesión y de un panel en el cual, guiados por un moderador, los expositores tuvieron la oportunidad de debatir, dar retroalimentación a los trabajos presentados y reaccionar a las preguntas e intervenciones formuladas desde el público.



### Modelación Económica

Diversos modelos económicos han sido utilizados para comprender las políticas económicas, mejorar su diseño y evaluar los efectos en el mediano y largo plazo de alternativas de política sobre variables macroeconómicas y sectoriales, tales como los modelos de crecimiento económico y los modelos de equilibrio general. Las aplicaciones usuales examinan el impacto de medidas del gobierno sobre el bienestar de la población, consumo, desigualdad, pobreza, empleo, inversión, y producción. Recientemente, las discusiones internacionales sobre cambio climático y los objetivos de desarrollo sostenible han motivado también el uso de modelos económicos por parte de las oficinas de planeación con propósitos ambientales, por ejemplo, para estimar los costos de políticas de reducción de carbono e identificar los sectores donde la mitigación es más costo-efectiva. Así, este tipo de metodologías se ha convertido en una herramienta útil para los tomadores de política en la definición de escenarios ex-ante, la planeación y formulación de las estrategias de crecimiento verde.

### Economía del Comportamiento



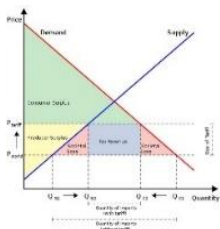
La economía del comportamiento durante las últimas décadas se ha enfocado en analizar la manera como las personas toman decisiones en situaciones estratégicas y a su vez cómo dichas decisiones ayudan a explicar y comprender los problemas económicos. Esta disciplina no solo involucra la utilización de las herramientas cuantitativas de la economía sino el empleo de fundamentos de la psicología, la habilidad cognitiva y la interacción social. La economía del comportamiento juega un rol importante para el logro de los objetivos de una economía de crecimiento verde dado que la conducta de consumidores, productores, y demás actores determina los resultados ambientales, sociales, y económicos

de las políticas. La manera como los individuos, según sus preferencias, reaccionan ante las políticas públicas finalmente influye en su costo-efectividad.



## Economía Circular

La economía circular es un marco analítico y conceptual que busca aumentar la productividad de los recursos teniendo en cuenta las relaciones entre el flujo de materiales y el comportamiento de los ciclos naturales y artificiales. Su propósito es reducir la generación de desechos y la contaminación, garantizar la eficiencia y buen funcionamiento de la industria y la obtención de beneficios económicos, pilares principales del crecimiento verde. Una de las herramientas elementales de la economía circular es el análisis del ciclo de vida del producto, el cual estudia el uso de insumos y la generación de desechos en cada etapa de los procesos para diseñar estrategias que disminuyan el impacto ambiental y se promueva la reutilización.

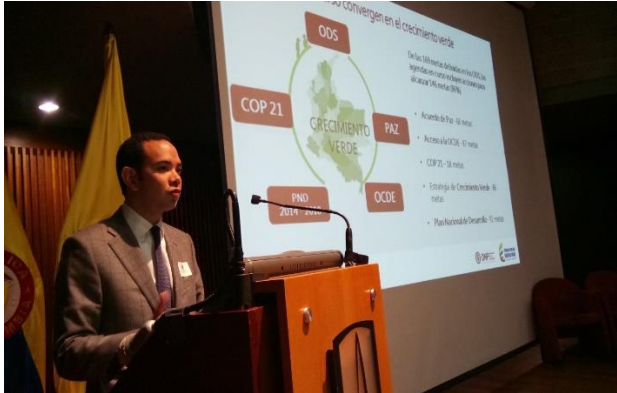


## Instrumentos Económicos y Financieros

La economía del comportamiento durante las últimas décadas se ha enfocado en analizar la manera como las personas toman decisiones en situaciones estratégicas y a su vez cómo dichas decisiones ayudan a explicar y comprender los problemas económicos. Esta disciplina no solo involucra la utilización de las herramientas cuantitativas de la economía sino el empleo de fundamentos de la psicología, la habilidad cognitiva y la interacción social. La economía del comportamiento juega un rol importante para el logro de los objetivos de una economía de crecimiento verde dado que la conducta de consumidores, productores, y demás actores determina los resultados ambientales, sociales, y económicos de las políticas. La manera como los individuos, según sus preferencias, reaccionan ante las políticas públicas finalmente influye en su costo-efectividad.

El Simposio reunió a destacados académicos de Colombia y del exterior para analizar las contribuciones de la teoría y la práctica económica de vanguardia en el diseño y evaluación de políticas públicas para promover el crecimiento económico sostenible.

En el evento se discutieron aportes de la academia sobre instrumentos económicos y la regulación asociada a la sostenibilidad ambiental, y se ahondó en el análisis de ideas innovadoras y políticas emergentes que ofrecen alternativas para consolidar el crecimiento verde en Colombia.







## DISCURSO DE APERTURA

PALABRAS DEL DIRECTOR DE LA MISIÓN DE CRECIMIENTO VERDE:  
**HERNANDO JOSÉ GÓMEZ**



“La Misión de Crecimiento Verde busca recolectar una serie de insumos técnicos para desarrollar una política de crecimiento verde de largo plazo, vinculando el mayor número de actores públicos y privados para así poder construir una visión compartida”.

La Misión de Crecimiento Verde es una iniciativa liderada por el Departamento Nacional de Planeación (DNP) a través de la cual se busca definir los insumos y lineamientos de política pública para orientar el desarrollo económico del país hacia el CV en el 2030, de manera sostenible.

Se trata de una estrategia de mediano y largo plazo para lograr al mismo tiempo el desarrollo económico y la conservación de la naturaleza. La visión es que hacia 2030 Colombia sea un referente en América Latina en el diseño e implementación de políticas públicas para aumentar la productividad y competitividad, conservando el capital natural.

En la formulación de la política se tendrán en cuenta tanto estudios técnicos y consultorías, como el diálogo entre diversos actores, articulando agendas nacionales e internacionales.

La Misión se desarrolla dentro de tres ejes temáticos: uso eficiente de los recursos, nuevas oportunidades económicas basadas en el uso sostenible del capital natural, y capital empresarial y humano para el crecimiento verde.

Con el objetivo de vincular a los grupos de interés con la Misión de Crecimiento Verde, han sido planeadas y desarrolladas diferentes actividades con cada uno de los grupos de interés: sector privado, sector público, medios de comunicación, regiones y academia.

Con la Academia se ha trabajado para desarrollar espacios como este Simposio, los cuales permiten visibilizar y estimular el trabajo que se encuentra realizando la academia en cuanto a temas relacionados con crecimiento verde. Serán desarrollados otros eventos como este en otros lugares del país para poder incluir a otras regiones en este tipo de espacios que contribuyan con el desarrollo de la formulación de la política de Crecimiento Verde.

Dentro de este ejercicio académico serán abordados cuatro temas: economía circular, economía del comportamiento, modelación económica e instrumentos económicos y financieros.

En cuanto a la economía circular, se resalta la importancia de hacer tránsito a un nuevo paradigma en materia de residuos y eficiencia en el uso de materiales. Para generar un dólar de PIB en Colombia se necesitan 2,28 kg de materiales, afectando seriamente la productividad del país. Aunque esta cifra es menor en comparación con los países de ingreso medio bajo (3,14): es tres veces más alta en comparación con los países de la OCDE los cuales solo requieren 0,81 kg de materiales para producir un dólar de PIB. Se resalta una mejora del 25% en la intensidad del uso de materiales en los últimos 13 años para Colombia. En cuanto al tratamiento de residuos, en Colombia solo se recicla el 17% de estos, cifra bastante baja comparada con países como Alemania donde solo el 0,5% de los residuos va a parar a rellenos sanitarios, 47% de sus residuos son reciclados, el 35% es utilizado para generación de energía térmica y el 18% es aprovechado como material biológico. Cabe resaltar la importancia económica de la gestión de los residuos sólidos y las industrias del reciclaje, las cuales presentaron retornos de 137 billones de euros en la Unión Europea en 2010, lo cual es equivalente a la mitad del PIB de Colombia en 2015.

En cuanto a economía del comportamiento es necesario comprender mejor cuales son los mecanismos que afectan las decisiones individuales y colectivas de una sociedad y que puedan contribuir a mejorar el tema de los problemas ambientales y facilitar intervenciones de política pública, para ello se requiere influenciar mejor el comportamiento de los consumidores, de los sectores productivos con el fin de mejorar el desempeño ambiental.

La modelación económica representa una herramienta de gran importancia utilizada para la toma de decisiones acertada, la medición permite establecer metas que se puedan cumplir. Esta herramienta también permite observar diferentes escenarios, por ejemplo, en un ejercicio se observa como una mejora del 1,5% en la eficiencia energética en toda la economía contribuiría en un 34% para alcanzar la meta de reducción de gases efecto invernadero.

También se observa el crecimiento económico del país continuando con el *statu quo* como se viene presentando y se encuentra un escenario para 2030 en el que la demanda de electricidad se incrementaría un 51% y la demanda de agua y al suelo aumentaría 54% y 44% respectivamente, lo cual evidentemente representa una situación insostenible haciendo visible la necesidad de la búsqueda de un manejo más productivo de los recursos.

Los instrumentos económicos y financieros para el crecimiento verde, en especial los instrumentos fiscales y los tributos en particular, ofrecen mecanismos eficaces y eficientes para influir sobre la formación de los precios y para promover formas de producción y consumo compatibles con la preservación de los recursos ambientales”.

# AGENDA

**MARTES, 18 de julio de 2017**

**Lugar: Auditorio Mario Laserna A y B**

8:00 – 8:30	<p>Palabras de apertura: Hernando José Gómez, Director de la Misión de Crecimiento Verde del Departamento Nacional de Planeación                  Intervención de Dimitri Zaninovich, Viceministro General del Ministerio de Hacienda y Crédito Público                  Intervención de Juan Camilo Cárdenas, Decano de Economía, Universidad de los Andes</p>		
	<p><b>Tema 1. Modelación económica</b></p>		
8:30 – 9:10	<p>Conferencia: Macroeconomics and climate                  Gaël Giraud                  Economista jefe, Agencia Francesa para el Desarrollo</p>		
9:10 - 9:30	<p>Preguntas del público</p>		
9:30 – 9:50	<p>Refrigerio</p>		
9:50 – 11:00	<p><b>Panel 1: Modelación económica y sostenibilidad ambiental (I)</b>                  Modera: Andrés Velasco Martínez, Director de Política Macroeconómica, Ministerio de Hacienda y Crédito Público</p>		
	<p><b>Reyer Gerlagh</b>                  PhD. en Economía                  Director del Departamento de Economía                  Universidad de Tilburg (Holanda)</p> <p>Economic models for green growth: lessons for policy-making</p>	<p><b>Onil Banerjee</b>                  PhD. en Política Forestal y Economía                  Economista de Recursos Naturales                  Banco Interamericano de Desarrollo (BID)</p> <p>Post-conflict land use trajectories in Colombia</p>	<p><b>Ana María Loboguerrero</b>                  PhD. en Economía                  Directora de Programa de Investigación                  Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)</p> <p>Long-term abatement potential and current policy trajectories in Latin American countries</p>
11:00 - 12:10	<p><b>Panel 2: Modelación económica y sostenibilidad ambiental (II)</b>                  Modera: Mónica Parra Acevedo, Asesora Económica, Global Green Growth Institute</p>		
	<p><b>Carlos Andrés Vasco Correa</b>                  MSc. en Economía                  Docente / Universidad de Antioquia</p> <p>Impuestos ambientales diferenciados espacialmente en Colombia: un modelo teórico de equilibrio general con capital natural</p>	<p><b>Carlos Eduardo González Rodríguez</b>                  MSc. en Economía                  Investigador Asociado                  Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)</p> <p>Evaluación ex-ante de la tecnología de frijol tolerante a sequía</p>	<p><b>Mario Morales</b>                  MSc. en Estadística                  Investigador                  Departamento Nacional de Planeación</p> <p>Regulación algorítmica medio ambiental con el Internet de las Cosas (IoT)</p>
12:10 – 14:00	<p><b>Descanso para almorzar. La programación continúa a las 14:00 en el Auditorio Lleras</b></p>		

	<b>Tema 2. Economía del comportamiento para el crecimiento verde</b>		
14:00 – 14:40	<b>Conferencia: Insumos de la economía del comportamiento en el diseño de política para el crecimiento verde en países en desarrollo</b> <b>Francisco Alpizar</b> <b>Director e Investigador Senior, Programa de economía y medio ambiente para el desarrollo, CATIE</b>		
14:40 – 15:00	<b>Preguntas del público</b>		
15:00 – 16:10	<b>Panel 1: Economía conductual orientada al crecimiento verde</b> <b>Modera: Juan Camilo Cárdenas, Decano de Economía, Universidad de los Andes</b>		
	<b>César Mantilla</b> <b>PhD. en Economía</b> <b>Docente / Universidad del Rosario</b>  Recompensas condicionales para un comportamiento sostenible: lecciones de focalización de una pesquería de acceso abierto	<b>Clemencia Martínez</b> <b>MSc. en Economía</b> <b>Investigadora / Universidad de América</b>  Aplicación del modelo de elección colectiva en organizaciones campesinas productivas de Colombia	<b>Yady Barrero</b> <b>MSc. Ciencias Económicas</b> <b>Docente / Universidad Javeriana</b>  Género, cooperación y comunicación: Evidencia experimental sobre el uso de los recursos
16:10 – 16:30	<b>Refrigerio</b>		
16:30 – 17:40	<b>Panel 2: Experimentos socio-económicos para el diseño de políticas económicas sostenibles</b> <b>Modera: Silvia Calderón, Subdirectora de Desarrollo Ambiental Sostenible, Departamento Nacional de Planeación</b>		
	<b>Jorge García</b> <b>PhD. en Economía</b> <b>Docente / Universidad de los Andes</b>  Willingness to accept local wind energy development: does the compensation mechanism matter?	<b>Ligia Gómez</b> <b>MSc. en Mercadeo</b> <b>Docente / Universidad Santiago de Cali</b>  Análisis de percepción y demanda de vegetales orgánicos: caso tomate orgánico en la ciudad de Cali 2015-2016	<b>Jorge Alexander Bonilla</b> <b>PhD. en Economía</b> <b>Docente / Universidad de los Andes</b>  Assessing social experiments using apps: the case of car-free days in Bogotá

**MIÉRCOLES, 19 de julio de 2017**

**Auditorio Lleras**

8:00 – 8:30	- Intervención del Subdirector Territorial y de Inversión Pública (E), Departamento Nacional de Planeación, Juan Felipe Quintero		
	<b>Tema 3. Economía circular</b>		
8:30 – 9:10	<p align="center"><b>Conferencia: Towards a circular economy: some (in) convenient truths and policy lessons</b></p> <p align="center"><b>Arnold Tukker</b></p> <p align="center">Economista, Director Científico / Profesor de Ecología industrial, Universidad de Leiden (Holanda)</p>		
9:10 – 9:30	Preguntas del público		
9:30 – 9:50	Refrigerio		
9:50 – 11:00	<p><b>Panel 1: Estrategias para alcanzar una Economía Circular</b></p> <p><b>Modera: Julián López Murcia, Superintendente Delegado para Acueducto, Alcantarillado y Aseo, Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios</b></p>		
	<p align="center"><b>Claudia García</b> MSc. en Innovación y Gestión Tecnológica Consultora / Americas Sustainable Development Foundation (ASDF)</p> <p>Evaluación de la transición hacia una Economía Circular a un nivel nacional: el caso de Colombia</p>	<p align="center"><b>Jully Andrea Herrera</b> MSc. en Ingeniería de Diseño Industrial Docente / Universidad Jorge Tadeo Lozano</p> <p>Estrategia para alcanzar una Economía Circular en Colombia</p>	<p align="center"><b>Claudia Pabón Pereira</b> PhD. en Ciencias Ambientales, Ecología y Conservación Docente / Universidad Adolfo Ibáñez (Chile)</p> <p>Oportunidades para la recuperación de recursos en centros urbanos basadas en la gestión circular y descentralizada de residuos orgánicos municipales. Casos en Chile y Colombia</p>
11:00 - 12:10	<p><b>Panel 2: Análisis y gestión de recursos en pro de una economía circular</b></p> <p><b>Modera: Carolina Urrutia, Gerente de Negocios Sostenibles y Editora Consejera de Semana Sostenible</b></p>		
	<p align="center"><b>Sergio Ballén</b> MSc. en Arquitectura Sostenible Investigador / Universidad Nacional de Colombia y Universidad C.M. de Cundinamarca</p> <p>Análisis del ciclo de vida de mampostería y su consumo energético e hídrico</p>	<p align="center"><b>Enrique Gilles</b> PhD. en Economía Profesor y Coordinador del Doctorado en Gestión Universidad EAN</p> <p>Una evaluación de la eco-eficiencia en la economía colombiana</p>	<p align="center"><b>Jooyoung Park</b> PhD. en Estudios Ambientales Docente / Universidad de los Andes (Escuela de Administración)</p> <p>End-of-life tire management in Colombia</p>
12:10 – 14:00	Descanso para almorzar		

<b>Tema 4. Instrumentos económicos y financieros</b>			
14:00 – 14:40	<p align="center"><b>Conferencia: Economic policy instruments for moving toward a greener economy</b></p> <p align="center"><b>Michael Toman</b></p> <p align="center"><b>Gerente de Investigación, Programa de Energía y Medio Ambiente</b></p> <p align="center"><b>Banco Mundial</b></p>		
14:40 – 15:00	<b>Preguntas del público</b>		
15:00 – 16:10	<p><b>Panel 1: Instrumentos económicos para promover el crecimiento verde</b></p> <p><b>Modera: Javier Sabogal Mogollón, Asesor del Despacho del Viceministro Técnico, Ministerio de Hacienda y Crédito Público</b></p>		
	<p><b>Germán David Romero</b> MSc. en Economía Coordinador / Estudio de Impactos Económicos del Cambio Climático Departamento Nacional de Planeación</p> <p>Simulaciones de instrumentos tributarios: efectos en la economía y en la reducción de GEI</p>	<p><b>Margarita Gutiérrez</b> MSc. en Economía ambiental Subdirectora The Nature Conservancy</p> <p>Fondos de agua, hidroenergía por diseño y pagos por servicios ambientales: herramientas e instrumentos económicos que promueven el crecimiento verde</p>	<p><b>Andrés Valverde Farré</b> MSc. en Ingeniería Industrial Docente Investigador Universidad Piloto de Colombia</p> <p>Externalización de los costes ambientales sobre los impuestos de los productos en Colombia, una autorregulación sobre nuestro futuro verde</p>
16:10 – 16:30	<b>Refrigerio</b>		
16:30 – 17:40	<p><b>Panel 2: Valoración económica de recursos y esquemas de instrumentos económicos y financieros</b></p> <p><b>Modera: Carolina Jaramillo, Representante País / Colombia, Global Green Growth Institute</b></p>		
	<p><b>Yelly Yamparli Pardo Roza</b> PhD. en Ciencias Naturales y Desarrollo Investigadora / Universidad de la Amazonía</p> <p>Valoración económica de coberturas en predios agropecuarios de Belén de los Andaquíes, Caquetá</p>	<p><b>Juan Pablo Romero Rodríguez</b> MSc. en Economía y Administración Ambiental Investigador / Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt</p> <p>Esquemas tipo PSA y la gestión del páramo</p>	<p><b>Hadrien Hainaut</b> MSc. en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible Gerente de Proyecto, Finanzas Climáticas Institute for Climate Economics / I4CE, Francia</p> <p>Tracking domestic financial flows supporting climate investment: lessons learned from the Landscape of climate finance in France</p>
17:40 – 18:00	<b>Palabras de cierre</b>		

## CONFERENCISTAS INTERNACIONALES

### GAËL GIRAUD



Economista francés especializado en teoría del equilibrio general, teoría de juegos, finanzas y energía.

Es Economista Jefe de la Agencia Francesa de Desarrollo AFD, afiliado al Centro Económico de la Universidad de París Sorbonne (CES) e investigador asociado de la Escuela de Economía de París (PSE).

También es miembro del Comité Científico del Laboratoire d'Excellence dedicado a la regulación financiera (LabEx ReFi) y miembro del Comité Directivo de Cambio Energético del Gobierno francés y del equipo de investigación "Riskergy" sobre Resiliencia energética y deuda soberana. Giraud obtuvo su Ph.D. En el Laboratoire d'Econométrie de l'Ecole Polytechnique (Francia) en 1998.

En 2009, fue nominado como mejor economista joven francés por el diario Le Monde / El Círculo de los Economistas.

### ARNOLD TUKKER



Arnold Tukker es desde octubre de 2013 Profesor de Ecología Industrial y Director del Instituto de Ciencias Ambientales (CML) de la Universidad de Leiden. Hasta entonces se desempeñó como Director de Negocio de Innovación y Economía Social en TNO, una importante organización de investigación sin fines de lucro en los Países Bajos, donde mantiene una posición como investigador senior con dedicación parcial.

Mr. Tukker estableció proyectos prominentes de la Unión Europea en el ámbito del diseño sostenible de productos (SusProNet) y el consumo y la producción sostenibles (SCORE!), y fue miembro clave de la Red Holandesa de Conocimientos sobre Innovaciones de Sistemas Sostenibles.



En la actualidad coordina una serie de importantes programas con unos 20 institutos de investigación europeos estratégicos en el ámbito de la eficiencia de los recursos, construyendo una de las más ambiciosas bases de datos insumo-producto y modelos sobre energía, recursos y economía (EXIOBASE) del mundo.

## REYER GERLAGH



En 1999 Reyer Gerlagh recibió su doctorado en economía de la universidad de Vrije en Amsterdam. Trabajó en el Centro de Estudios Avanzados sobre la interacción entre la política ambiental y la tecnología. De 2006 a 2009, ocupó una cátedra de Economía Ambiental en el Departamento de Economía de la Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad de Manchester, Reino Unido.

Desde 2009 es profesor de Economía en la Universidad de Tilburg. Ha ocupado varios cargos editoriales adjuntos (incluido ERE, Economía de la Energía), y ahora es Jefe del Departamento de Economía, junto con Jan Boone, en Tilburg.

Sus principales temas de investigación incluyen economía del clima, sostenibilidad, recursos agotables, política ambiental y comercio, cambio tecnológico y costos de la política ambiental. Su investigación es tanto teórica como empírica (econométrica) y aplicada (simulaciones). Los documentos teóricos incluyen estudios sobre el mercado de recursos no renovables (dependencia de recursos estratégicos) y estudios sobre la relación entre el mercado de combustibles fósiles y la política de cambio climático (la paradoja verde). La investigación empírica considera el efecto de la política energética en la localización de industrias con uso intensivo de energía.

## MICHAEL TOMAN



Michael Toman es economista principal en Cambio Climático en el Grupo de Investigación para el Desarrollo y Gerente del Equipo de Energía y Medio Ambiente en el Banco Mundial.

Sus intereses actuales de investigación incluyen recursos energéticos alternativos, políticas para responder a los riesgos de catástrofes del cambio climático, inversiones para la reducción de gases de efecto invernadero y mecanismos para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero a través de la reducción de la deforestación.

Durante su carrera, ha realizado extensas investigaciones sobre la economía y política del cambio climático, los mercados y políticas energéticas, los instrumentos de política ambiental y los enfoques para lograr el desarrollo sostenible. Antes de vincularse al Banco Mundial en 2008, ocupó altos cargos analíticos y gerenciales en RAND Corporation, Banco Interamericano de Desarrollo y “Resources for the Future”.

Michael Toman hizo estudios de pregrado en la Universidad de Indiana y cuenta con una maestría en matemáticas aplicadas de la Universidad de Brown. También realizó una maestría y un Doctorado en Economía en la Universidad de Rochester.

## FRANCISCO ALPÍZAR



Francisco Alpizar es Director de Investigación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza Superior (CATIE) en Costa Rica. Su investigación explora enfoques basados en incentivos para mejorar la gestión privada y pública y el uso de recursos naturales.

Su campo de estudio se enmarca en las áreas de economía ambiental, del desarrollo y del comportamiento, examinando la toma de decisiones individual para lograr un mayor bienestar social. Ha sido asesor de algunos gobiernos nacionales de América Latina y de organizaciones multilaterales y ONGs.

## PARTICIPANTES

### Modelación Económica

#### Moderadores

**Andrés Velasco Martínez**

Director de Política Macroeconómica, Ministerio de Hacienda y Crédito Público

**Mónica Parra Acevedo**

Asesora Económica, Global Green Growth Institute

#### Expositores

Onil Banerjee  
Ana María Loboguerrero  
Carlos Andrés Vasco  
Carlos Eduardo González  
Mario Morales

### Economía del Comportamiento

#### Moderadores

**Juan Camilo Cárdenas**

Decano de Economía, Universidad de los Andes

**Silvia Calderón**

Subdirectora de Desarrollo Ambiental Sostenible, Departamento Nacional de Planeación

#### Expositores

César Mantilla  
Clemencia Martínez  
Yady Barrero  
Jorge García  
Ligia Gómez  
Jorge Alexander Bonilla

### Economía Circular

#### Moderadores

**Julián López Murcia**

Superintendente Delegado para Acueducto, Alcantarillado y Aseo, Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios

**Carolina Urrutía**

Gerente de Negocios Sostenibles y Editora  
Consejera de Semana Sostenible

#### Expositores

Claudia García  
Jully Andrea Herrera  
Claudia Pabón  
Sergio Ballén  
Enrique Gilles  
Jooyoung Park

### Instrumentos Económicos y Financieros

#### Moderadores

**Javier Sabogal Mogollón**

Asesor del Despacho del Viceministro Técnico, Ministerio de Hacienda y Crédito Público

**Carolina Jaramillo**

Representante País / Colombia, Global Green Growth Institute

#### Expositores

Germán Romero  
Margarita Gutiérrez  
Andrés Valverde  
Yelly Pardo  
Juan Pablo Romero  
Hadrien Hainaut

## DESARROLLO DEL SIMPOSIO

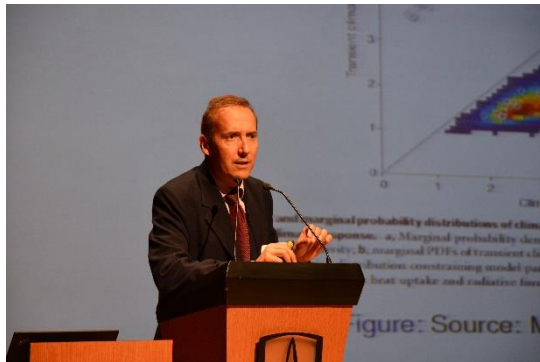
MARTES, 18 DE JULIO DE 2017.

### Tema 1: Modelación macroeconómica

Conferencia principal: “Macroeconomía y Clima”

Gaël Giraud

Economista Jefe, Agencia Francesa para el Desarrollo.



Su conferencia trató 3 temas: primero una descripción general de la situación actual de los temas de cambio climático, segundo la aplicación de la modelación económica y modelos de clima, y tercero una descripción del proyecto de la Agencia Francesa para el Desarrollo (proyecto GEMMES) en la cual él participa.

Inició su presentación en torno al cambio climático, resaltando que la concentración de carbono en la atmósfera es actualmente preocupante dado que supera los 400ppm, y el acuerdo de París ocurre en un periodo tardío ya que es prácticamente imposible mantener el aumento de la temperatura por debajo de los 2 grados centígrados al final del siglo XXI. Hay una relación muy fuerte entre el PIB y las emisiones de dióxido de carbono, que ha venido disminuyendo gracias a la eficiencia tecnológica; sin embargo, a inicios del siglo XXI no se han observado progresos sustanciales en la disminución de esa relación.

Gaël Giraud indicó que existen varias clases de modelos económicos que incorporan modelos del clima. 1. Modelos de optimización de bienestar, los cuales realizan procesos de optimización dinámica. Estos modelos requieren definir la tasa de descuento para los próximos años, sobre lo cual no hay consenso. 2. Modelos de equilibrio

general: aunque se han utilizado en China, cuentan con la dificultad de la falta de realismo debido a que los modelos no incorporan el rol del dinero ni el desempleo. 3. Simulación: estos modelos son útiles para entender las consecuencias de la trayectoria de variables debido a ciertos choques, pero no explican los factores fundamentales que determinan la trayectoria. 5. Modelos de minimización de costos: mediante estos se identifica la solución más costo-efectiva que es compatible con un objetivo. El modelo no optimiza el bienestar de la población y tiene la misma limitación de que requiere asumir una tasa de descuento.

Finalmente, Gaël Giraud describió el proyecto GEMMES como un modelo que combina los elementos fundamentales del cambio climático con la dinámica macroeconómica. Él enfatiza en la necesidad de modelar la deuda pública y privada en este tipo de modelos, dado que permite analizar el comportamiento de las inversiones. Este modelo describe una dinámica en la cual hay desempleo e inflación. El modelo muestra cómo se puede llegar a un equilibrio, de varios posibles. Es posible utilizar el modelo con datos de la NASA para evaluar los efectos de una política pública en el país cada 100 kilómetros, lo cual contribuye a la toma de decisiones acerca de la deforestación, el uso del suelo y el ciclo del agua, que es muy importante en el contexto colombiano.

Preguntas del público:

1. ¿Hay otros países que usan este modelo? Dentro de esos países ¿Qué instituciones recogen los resultados del modelo?

Brasil utiliza este modelo, en el cual están trabajando el ministro de planeación y el instituto de investigación macroeconómico (IPEA). En este modelo se describen 8 sectores de la economía brasileña pero no se incluyen los recursos naturales, por lo tanto, el modelo representa una parte de todo el proyecto GEMMES. La decisión de qué se incluye en el modelo está determinada por los intereses del gobierno y de los economistas del país. Por ejemplo, si el gobierno y los economistas del país quieren saber más sobre el impacto del cambio climático, el modelo permite que se le dé mayor énfasis a ese aspecto. Por otro lado, México también utiliza un modelo que es una parte de GEMMES con el propósito de apoyar la transición energética del país, el cual incluye la modelación de sectores energéticos. Vietnam y Túnez también han estado interesados en el modelo por la vulnerabilidad al cambio climático.

2. ¿Cuáles son las principales limitaciones que tiene este modelo?

Una limitación del modelo es cómo representar al sector informal. Actualmente, es muy difícil modelar este sector, aunque esta no es una limitación solamente de GEMMES sino también de muchos modelos. Un caso que ejemplifica esta dificultad es cómo modelar la deuda privada, que en muchos países hace parte del sector informal. Como la evidencia muestra, hay países donde las personas pobres tienen deudas privadas a tasas

de interés muy altas y que son informales. Además, en las estadísticas oficiales es muy difícil encontrar información sobre este fenómeno.

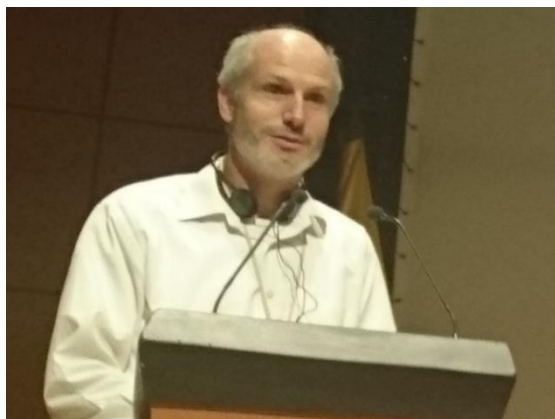
3. ¿Cómo el modelo GEMMES puede ayudar a Colombia a establecer trayectorias que permitan el cumplimiento de los acuerdos de París de 2015?

Con el modelo GEMMES, el gobierno de Colombia puede conocer detalladamente para cada 100 kilómetros las consecuencias de las decisiones en diversas materias como el cambio climático, el manejo de los recursos naturales, etc. La ventaja de este modelo es que permite describir “caminos macroeconómicos”, lo que significa que el modelo informa cuál será la inflación y las emisiones correspondientes a un cierto camino, y de esta forma es posible evaluar si ese camino es compatible con el NDC de Colombia.

**Conferencia: Modelos económicos para el crecimiento verde: lecciones para la formulación de políticas**

**Reyer Gerlagh**

PhD en Economía, Director del Departamento de Economía de la Universidad de Tilburg (Holanda); Invitado Especial al Simposio.



*“El costo de las políticas de sostenibilidad ambiental en Colombia es insignificante respecto al crecimiento económico que pueden generar”*

*R. Gerlagh.*

Los modelos económicos nos dejan lecciones sobre el crecimiento verde tanto positivas como negativas. De un lado, los modelos económicos indican que el crecimiento verde es algo bueno, aunque este requiera de un gran esfuerzo para brindar apoyo en el desarrollo de innovación para la industria y los sectores exportadores, haciendo necesarias unas guías muy claras para la política y para la innovación.

El señor Gerlagh mencionó que el crecimiento verde es positivo para la economía dado que fomenta la innovación. La innovación en nuevas industrias es considerada como el motor del crecimiento sostenido de los diferentes países y ayuda a reducir los costos en el largo plazo de las diversas políticas ambientales. Las empresas privadas son grandes contribuyentes a la innovación y al desarrollo, por lo que es necesario proveerles los incentivos correctos para que dichas industrias realicen los cambios necesarios. Por ejemplo, la implementación de impuestos a las firmas (y los hogares) sobre el uso de los

recursos naturales es un paso en la dirección apropiada para impulsar un crecimiento verde.

A partir de estudios empíricos se encuentran dos hallazgos principales:

1) Sobre la investigación empírica es importante resaltar la importancia de las instituciones. Entendiendo las instituciones como algo muy amplio que comprende: educación, aplicación de la ley, corrupción, derechos de propiedad, previsibilidad de las políticas, libertad, cultura, entre otras. Estas determinan que haya países más exitosos que otros; existe por ejemplo una diferencia de ingresos de un factor entre 2,5 y 5 entre Latinoamérica y Estados Unidos, determinada por las diferencias institucionales. Para el caso colombiano, una mejora en las instituciones podría generar un crecimiento de 2% adicional por año en su economía.

2) Los países ricos tienen unas políticas medioambientales mejores. La explicación popular de esto es que los países ricos tienen dinero para financiar políticas medioambientales. Otra explicación encontrada en estudios empíricos realizados por el Profesor Gerlagh dan respuesta a esto debido a que los países ricos tienen mejores instituciones para la protección de los intereses de los ciudadanos, por ejemplo, para mejorar el medio ambiente.

A pesar de sus aspectos positivos, el crecimiento verde es sinónimo de trabajo duro. La concepción de crecimiento verde es errada si se continúa con los negocios en su enfoque tradicional o si se tienen una visión de ella como algo hippie.

El reto de la senda de crecimiento verde requiere grandes esfuerzos como combinar el crecimiento convencional con una dirección guiada. El crecimiento convencional implica apoyar a la industria y las exportaciones con progreso, innovación y competencia, aplicando una guía muy clara de políticas que enfoquen la dirección de ese crecimiento y reduciendo el uso de recursos.

Para el caso de Colombia, el gobierno debe actuar de forma cautelosa y blindar la economía de las fluctuaciones de los precios de los recursos naturales; se debería desarrollar una industria de exportación distinta a carbón y crudo tratando de lograr un nivel de competitividad. Para lograr a esa meta, un primer paso será construir infraestructura que conecte mejor al país con el exterior, aunque esto represente un gran esfuerzo.

Sobre la dirección, es importante permitir que la economía innove, pero en la dirección correcta, acompañando esta innovación de una reducción de uso de los recursos, que signifique para Colombia mejoras en la eficiencia del uso de tierra, agua, combustibles fósiles y demás. Colombia debería aprender de los errores cometidos por el gobierno americano y no proteger industrias contaminantes, pues usualmente en estos contextos las industrias "sucias" tienden a hacer lobby a los hacedores de políticas para que les conceda emitir contaminantes y aumentar sus rentas.

En cuanto a la fijación de precios para los recursos -un buen método desde el punto de vista de los gobiernos-, su problema radica en la imposibilidad de micro gerenciar la

economía del país. En una ciudad como Bogotá, por ejemplo, se hace evidentemente necesario regular las emisiones de contaminantes locales, los cuales están fuertemente correlacionados con las emisiones de CO<sub>2</sub>, de modo que una posible solución podría ser aumentar los precios de los combustibles.

Las firmas privadas son las que contribuyen en mayor parte a la eficiencia en la producción y a la innovación, pero se les debe proveer incentivos para que lo hagan de la manera correcta, y cuidando que la aplicación de impuestos no genere desincentivos. Las sugerencias que surgen de los modelos indican por ejemplo que el impuesto al carbono debería ser proporcional al PIB, y así el precio del carbono debería crecer a la misma tasa de crecimiento del PIB.

Por otro lado, existe una disyuntiva entre las políticas ambientales y la pobreza, debido a que las personas pobres no pueden permitirse pagar impuestos ambientales. El resultado de estudios empíricos muestra que no se puede reducir la pobreza con subsidios, es decir que no se puede sacar a los pobres de la pobreza por ejemplo a través de precios bajos en los combustibles. Una forma más efectiva de combatir la pobreza es teniendo salarios bien remunerados lo cual implica la construcción de buenas instituciones.

Desde la política económica se deben tener en cuenta algunas lecciones. Por ejemplo, no postergar la aplicación de impuestos puede contribuir a regular el uso de automóviles, buses y motos antes de que implementar la regulación se vuelva más difícil.

Se sabe a partir de los modelos y los estudios empíricos que las industrias tienden a generar presión sobre los hacedores de política para que les den permisos de emisiones sin pagar y así poder aumentar sus rentas. Desde la teoría, las industrias que tienen tradición, pero están decayendo, logran hacer cabildeo para no desaparecer. Esto representa un costo bastante alto debido a que las políticas eficientes requieren capturar rentas por parte del gobierno, y pueden verse afectadas por las distorsiones sobre los impuestos. Dichas distorsiones pueden ser minimizadas controlando el cabildeo.

Un rasgo destacado del crecimiento económico colombiano es el alto porcentaje de las exportaciones mineras. Al respecto, debe tenerse en cuenta que las exportaciones de minería tienen desventajas. Existen ejemplos de economías alrededor del mundo donde los países que son ricos en recursos naturales han tenido muchos problemas por no saber aprovechar los ingresos provenientes de estos y por el riesgo que representa la volatilidad de los precios de los mismos. Noruega es un caso del que se puede aprender sobre el buen uso de recursos naturales; allí el capital proveniente de la explotación de recursos naturales es administrado por un fondo y el gobierno solo recibe los intereses; así han logrado blindar su economía contra las fluctuaciones en los precios de sus recursos.

En resumen, el crecimiento verde requiere acompañamiento y apoyo de la industria, junto con impuestos al uso de recursos naturales. El crecimiento verde no es un problema, pero requiere un esfuerzo muy grande por parte de los creadores de políticas para que sean estables y no favorezcan a ciertos sectores.



Los objetivos para Colombia serán, un crecimiento de PIB de 4% anual mayormente motivado por el mejoramiento de las instituciones, junto con un aumento en los precios de los recursos proporcional o por encima del nivel del PIB (nominal) del país.

Por último, pese a que los modelos aplicados soportan la teoría, no expresan estimaciones cuantitativas precisas. El asesoramiento específico requiere buenos investigadores que contribuyan a la práctica y a la teoría por separado.

## Panel 1. Modelación Económica y sostenibilidad ambiental (I)

Moderador: Andrés Velasco, Director de Política Macroeconómica, Ministerio de Hacienda y Crédito Público.



- Conferencista 1: Reyer Gerlagh. PhD en Economía, Director del Departamento de Economía de la Universidad de Tilburg (Holanda).

Conferencia: *“Modelos económicos para el crecimiento verde: lecciones para la formulación de políticas”*.

La conferencia de Reyer Gerlagh destacó la forma en que los gobiernos deberían imponer impuestos y subsidios con el fin de impulsar el crecimiento verde, y resaltó la importancia que tiene el gobierno en la toma de decisiones y cómo estas decisiones pueden terminar beneficiando solo a ciertas partes de la población.

El crecimiento verde debe beneficiar a toda la población en general. Colombia necesita estabilizar su población, mejorar las instituciones para lograr un mayor crecimiento de la economía e imponer un sistema de impuestos proporcional o mayor a sus niveles de PIB.

- Conferencista 2: Onil Banerjee. PhD en política forestal y economía, Economista de Recursos Naturales (Banco Interamericano de Desarrollo).

Conferencia: *“Trayectorias del uso de la tierra en el post-conflicto en Colombia”*.

Onil Banerjee discute las opciones de manejo de la tierra en la época del post-conflicto en Colombia dentro de un marco analítico integrado económico-ambiental de equilibrio general (IEEM).

El modelo IEEM integra dos componentes: el medio ambiente y la economía. Éste usa como fuente de datos las cuentas nacionales del país e información de cada tipo de recurso natural y su explotación. El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) a partir del modelo estudia en particular el caso de Colombia para establecer las trayectorias de uso de la tierra que optimicen el empleo del capital natural y resalten la importancia de la agricultura en la economía.

El modelo ayuda a resolver preguntas como que pasaría con el área forestal, el Producto Interno Bruto, el ahorro en los hogares, la variación equivalente, y el crecimiento del valor agregado de los sectores en Colombia en los próximos años bajo diversos escenarios de deforestación en post-conflicto. El estudio podría incorporar otros escenarios tales como: mejores prácticas de manejo de las cuencas hidrográficas para la producción hidroeléctrica y aumento en la participación en mercados externos. Los resultados que provee el modelo son útiles para realizar recomendaciones económicas que lleven al país a un crecimiento verde sostenible después de alcanzada la paz.

- Conferencista 3: Ana María Loboguerrero. PhD en Economía. Directora de Programa de Investigación Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)

Conferencia: *"Disminución potencial de emisiones en el largo plazo y trayectorias actuales de política en países en América Latina"*.

Su conferencia se centra en discutir el potencial de reducción de emisiones en el largo plazo, y las trayectorias de política que deberían tomar países de América Latina para lograr esa reducción. Se mostraron diez modelos económicos con escenarios para la disminución de gases efecto invernadero. Cabe resaltar que estos modelos incluyeron las particularidades del escenario Latinoamericano.

Preguntas del público:

1. ¿Cuál es la experiencia de introducir hechos estilizados a los modelos?

Se utilizan modelos para explicar a los tomadores de política cómo los distintos actores, variables y mecanismos pueden evolucionar. Por ejemplo, el conferencista Reyer Gerlagh ha trabajado con programas computacionales y recalca la importancia de proveer cifras consistentes para la toma de decisiones. El conferencista Onil Banerjee apoya esta visión sobre el uso de modelos, y plantea que los modelos son laboratorios,

para tener hallazgos sobre hechos que antes no se habían considerado. La conferencista Ana María Loboguerrero indica que los modelos deben ser vistos como escenarios, como una puerta de entrada para entender. Sin embargo, añade la importancia de la línea de base y que esta se construye dentro del grupo de investigadores.

2. ¿Cómo se introduce el concepto de stock y flujos, economía estática y dinámica en los modelos?

En un modelo de equilibrio general estático no se puede diferenciar entre stocks y flujos, sin embargo, existe un debate sobre el papel que juegan las dotaciones iniciales. Por ende, para hacer la diferencia entre un flujo y un stock hay que tener un modelo dinámico.

Con respecto a la economía estática y dinámica, el conferencista Gaël Giraud sostiene la importancia de introducir un componente de probabilidad en los modelos, ya que funciones como la del consumo de los hogares no es determinística.

3. ¿Cómo los modelos que se están trabajando incluyen los choques de política?

Es importante incluir las políticas de cambio climático en los modelos, ya que esto tiene una consecuencia sobre el crecimiento potencial de la economía.

4. ¿Cuál es el rol de las cadenas de valor y la dinámica que se produce en los modelos planteados a largo plazo?

La esencia de los modelos de equilibrio general es que el cambio del valor es endógeno a la cadena de valor. Para cambiar la cadena de valor se debe empezar con los factores de producción. Por ejemplo, los recursos naturales como factores de producción deberían ocupar un espacio importante en las cadenas de valor, ya que estos son escasos.

Sin embargo, incluir a los recursos naturales en la cadena de valor es difícil, porque hay incertidumbre en el valor de los recursos naturales dentro de la cadena y sobre quien es el dueño del recurso.

La conferencista Ana María Loboguerrero agrega que muchas de las barreras a las que se enfrentan los investigadores es la falta de información en cada componente de la cadena.

## Panel 2: Modelación económica y sostenibilidad ambiental (II)

Modera: Mónica Parra Acevedo, Asesora Económica, Global Green Growth Institute



- Conferencista 1: Carlos Andrés Vasco Correa. MSc en Economía. Docente Universidad de Antioquia.

Conferencia: *“Impuestos ambientales diferenciados espacialmente en Colombia: un modelo teórico de equilibrio general con capital natural”*

Carlos Andrés Vasco presenta un modelo teórico con capital natural, con el cual analiza los cambios en el bienestar que resultan al establecer impuestos diferenciados sobre una cuenca hidrográfica. Con su modelo también analiza las consecuencias en la producción de las empresas y sus beneficios al incluir el impuesto por generación de externalidades.

- Conferencista 2: Carlos Eduardo González Rodríguez. MSc en Economía. Investigador Asociado Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

Conferencia: *“Evaluación ex-ante de la tecnología de frijol tolerante a sequía”*.

Carlos Eduardo González expone un modelo de equilibrio parcial con el cual realiza una evaluación ex-ante del frijol ante una sequía en un contexto de cambio climático. El conferencista recomienda incluir un proceso de modelación biofísica, un estudio del comportamiento de los cultivos, y el uso de localización geográfica para lograr una mayor comprensión de los efectos de una sequía en la seguridad alimentaria y la sostenibilidad.

- Conferencista 3: Mario Morales. MSc en Estadística. Investigador Departamento Nacional de Planeación.

Conferencia: *“Regulación algorítmica medio ambiental con el Internet de las Cosas (IoT)”*.

En su presentación, Mario expone un modelo de calidad del aire que incorpora la perspectiva de la cibernética y de los algoritmos, mostrando una nueva forma de ver el problema de cambio climático incluyendo los aportes de las nuevas tecnologías. Específicamente, Mario explica la capacidad de las nuevas tecnologías para manejar y monitorear datos en tiempo real de cambio climático.

Preguntas del público:

1. Pregunta para el conferencista Carlos Andrés Vasco: no de los aspectos más interesantes de la presentación fue la inclusión del capital natural en la modelación, lo cual es uno de los retos asociados al crecimiento verde. ¿Cómo logró la medición e incorporación del capital natural en la modelación?

Se buscaba que todas las actividades económicas tanto de consumidores como de producción incorporaran dentro de sus funciones de producción el uso del capital natural. En mayor o menor medida cada uno de los agentes económicos usa capital natural, en forma directa (por ejemplo, tomando agua de la naturaleza) o indirecta (a través de productos que utilizaron agua para su manufactura). En el modelo el capital natural fue medido como insumo en incorporado en funciones de producción.

2. Pregunta para el conferencista Carlos Eduardo González: el análisis del crecimiento verde requiere insumos de la biología y de los enfoques biofísicos, ¿Cómo se puede robustecer la modelación económica con esas disciplinas?

Es muy importante que la modelación económica se integre con otras áreas del conocimiento para analizar distintos aspectos del crecimiento verde. Afortunadamente los investigadores han venido consolidando sus habilidades para lograr esta integración y avanzar en este análisis. Por ejemplo, los modelos económicos con componentes de agricultura pueden robustecerse con modelaciones de cultivo, para lo cual se requieren modeladores especializados, fitomejoradores y científicos. Los modelos económicos realizan muchos análisis en tiempo real, pero requieren insumos de experimentos en campo para calibrar los modelos. Lo mismo sucede con la modelación de efectos económicos de cambio climático, la cual puede robustecerse gracias a los insumos de modeladores de clima.

3. Pregunta para el conferencista Mario Morales: ¿Es realmente viable la implementación de la regulación algorítmica en Colombia? ¿Contamos con la información y los elementos necesarios para su puesta en marcha?

Probablemente en Colombia tome más tiempo que en otros países implementar las regulaciones algorítmicas, pero es algo que sucederá en el futuro. En este momento en Colombia ya se están implementando los sistemas de información necesarios para este proceso. Por ejemplo, se vienen haciendo ejercicios para la modelación de ciclo del agua con el IDEAM. En el presente los retos son la generación de sistemas de información y de criterios de interoperabilidad.

4. Pregunta para el conferencista Mario Morales: Durante la presentación mencionó que los algoritmos pueden funcionar sin los humanos. Dada esa situación, ¿qué rol jugarían los humanos?

Los algoritmos pueden reemplazar las funciones de los humanos lo cual genera retos, pero además representan riesgos para algunos valores sociales, como la privacidad. El funcionamiento de la tecnología va normalmente a un ritmo más rápido que el de la regulación, por lo cual es responsabilidad de los gobiernos crear medidas para anticiparse y diseñar una regulación que controle y establezca límites para proteger a la sociedad de elementos negativos (invasiones a la privacidad, por ejemplo), y garantizar acciones en los casos en que los humanos ya no son necesarios.

5. Durante la sesión de presentaciones se presentaron características y ventajas de los modelos económicos, conociendo cómo ayudan a entender problemas complejos de la realidad y a ver relaciones de causalidad, pero es sabido que también tienen limitaciones. ¿Cuáles fueron los principales obstáculos que encontraron a la hora de utilizar la modelación y cómo abordarlos para hacer más robusta la modelación?

El conferencista Carlos Andrés Vasco responde que en su investigación una limitación es la falta de información, y destacó la importancia de integrar los modelos económicos con otras disciplinas, por ejemplo, incorporar dentro de los parámetros y la estimación la información disponible en tiempo real.

El conferencista Carlos Eduardo González afirma que la incertidumbre debe ser abordada; en el caso de la agricultura hay que enfrentar varios obstáculos, por ejemplo, la localización espacial, la cual debería ser lo más fina posible, o las particularidades de los cultivos en los diferentes países alrededor del mundo, que hacen que presenten distintos niveles de rendimiento. Si no se alinean los resultados económicos con la información de sistemas biofísicos los resultados tendrán problemas de robustez.

6. ¿Es Internet, a través de sus sistemas de información, una fuente de cambios en la modelación económica?

El conferencista Carlos Eduardo González sostiene que el rol de internet es lograr que los procesos de modelación económica sean mucho más económicos y más rápidos. La internet es una herramienta muy importante para la modelación y para crear una comunidad de científicos; las grandes bases de datos *-big data-* permiten refinar los modelos.

Carlos Vasco considera que gracias al internet de las cosas, puede conocerse con mucho mayor detalle la conducta del consumidor, lo cual podría robustecer los modelos.

Para Mario Morales, los modelos mejoran en su calibración gracias a los datos en tiempo real; el problema es que los cálculos continuos consumen mucha energía y las plantas requeridas son contaminantes lo cual puede afectar al planeta.

7. ¿Hacia dónde creen se va a orientar la modelación económica en el futuro?

El conferencista Carlos Eduardo González sostiene que la multidisciplinariedad en la modelación económica va a ofrecer nuevas herramientas para la toma de decisiones de política pública.

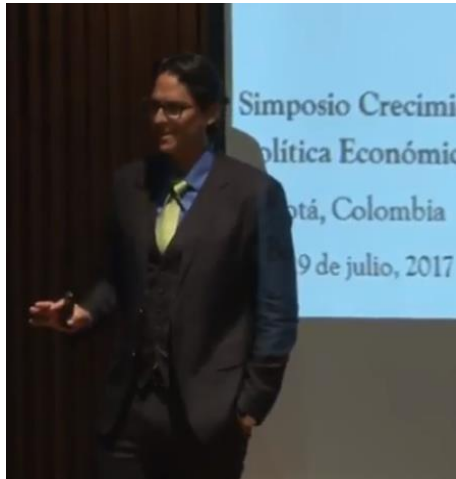
El conferencista Mario Morales argumenta que la generación de interoperabilidad entre bases de datos es necesaria para poder sofisticar más la modelación económica.

## Tema 2: Economía del comportamiento para el crecimiento verde

Conferencia: *“Insumos de la economía del comportamiento al diseño de políticas para el crecimiento verde en países en desarrollo”*.

**Francisco Alpizar**

Director del Programa de Investigación en Desarrollo, Economía y Ambiente del CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) ubicado en Costa Rica.



En su introducción, Francisco Alpizar describe cómo las ciencias del comportamiento proveen insumos para el diseño de políticas que contribuyen al consumo sostenible. Debido a que las pequeñas decisiones que los individuos toman todos los días afectan la base natural del planeta, los cambios en la senda de desarrollo económico requieren una transformación en el comportamiento humano, en las normas sociales y en los hábitos. Por lo tanto, para lograr una senda de desarrollo sostenible, se requiere comprender el comportamiento de los individuos.

Tradicionalmente, la economía basa sus recomendaciones de política en el supuesto de que los individuos se comportan de acuerdo con la noción del “homo economicus”. Según esta noción, un individuo se caracteriza por ser racional, egoísta, consistente en el tiempo y obtiene su satisfacción (utilidad) del consumo. La economía del comportamiento cuestiona esta noción del “homo economicus” y encuentra que los individuos se comportan con limitaciones en su racionalidad, su voluntad y su egoísmo.

Las limitaciones en la racionalidad implican que la capacidad de las personas para tomar decisiones está restringida por las habilidades cognitivas. Por ejemplo, muchas de las decisiones están determinadas por la forma en que se presenta la información, lo que recibe el nombre de “efecto de contexto”. Igualmente, las personas al tomar decisiones les dan más importancia a las pérdidas posibles que a las ganancias, lo cual conduce a la inacción de las personas. Además, muchas de las decisiones que los individuos toman no corresponden realmente a decisiones sino a respuestas automáticas.



La literatura empírica muestra que las personas pueden enfrentar limitaciones en la voluntad, la cual puede ocurrir por dos factores: la miopía intertemporal y la disonancia cognitiva. La miopía intertemporal se presenta cuando las personas toman decisiones en el corto plazo que resultan ser contradictorias al ser analizadas desde la perspectiva de un horizonte de largo plazo. Un ejemplo típico es que las personas que pagan consumo corriente con tarjeta de crédito al momento de pagar la deuda finalmente deciden adquirir una nueva tarjeta de crédito para pagarla. En este ejemplo para las personas es muy difícil analizar las consecuencias que en el largo plazo de una decisión tomada en un momento particular.

Este comportamiento también se explica porque las personas usan tasas de descuento específicas a los problemas y no hay una tasa de descuento estable como supone la teoría económica tradicional. Esto genera bajos niveles de inversión, tasas de ahorro bajas y tasas de deuda altas. Por otro lado, la disonancia cognitiva se manifiesta cuando existe una diferencia entre lo que las personas hacen, piensan y quieren hacer. Hay ejemplos muy comunes de este comportamiento: cuando una persona dice que va a empezar a hacer dieta a partir de la próxima semana y finalmente no lo hace.

Adicionalmente la literatura también ha mostrado a través de experimentos sociales que los individuos no siempre se comportan de manera egoísta. Las personas pueden exhibir un comportamiento altruista y tienen una preferencia muy fuerte por la equidad y la justicia. De igual forma, se ha demostrado que las personas son muy susceptibles a las normas sociales y a la percepción que otros tienen de ellos. Un caso que ejemplifica esto es la costumbre en los matrimonios en China de servir sopa de aleta de tiburón, la cual no tiene un sabor especial, pero representa una señal de alto poder de compra y de estatus social.

Respecto a la problemática del cambio climático, Francisco Alpizar comentó que este problema representa una situación incómoda para todas las partes involucradas, debido a que está asociado una a redistribución masiva de la riqueza. En un escenario de cambio climático, las personas y los países pobres tendrán que asumir una gran parte de los costos. Adicionalmente, para las personas es difícil enfrentar los costos de resolver el problema del cambio climático debido a que los beneficios se observarán en el largo plazo y la mayoría de las personas quieren tener una vida buena y cómoda en el corto plazo. También las personas enfrentan una gran incertidumbre sobre la disponibilidad de las mejores soluciones y la magnitud de los costos y los daños del cambio climático.

Francisco Alpizar explica que estas fallas del comportamiento se pueden entender como fallas de mercado puesto que tienen como consecuencia asignaciones ineficientes de los recursos. Consecuentemente, el gobierno debe intervenir para corregir las fallas de comportamiento que causan ineficiencias. Por ejemplo, el uso obligatorio del cinturón de seguridad busca solucionar un problema de salud pública debido a los altos costos causados por los accidentes de tránsito. En el caso del medio ambiente, los resultados de la economía experimental pueden contribuir al diseño exitoso de políticas ambientales.

En este sentido, los responsables de la política pública deben tener en cuenta lo siguiente: 1) los seres humanos somos muy sensibles a la forma en que se presenta la

información, esto significa que la forma en que se comunica la política por primera vez influye en su éxito; 2) la comparación entre pares y las normas sociales afectan el comportamiento de los individuos; 3) la posible respuesta de los individuos a la política puede incidir en la efectividad de la política.

Preguntas del público:

1. ¿Puede la economía del comportamiento determinar el éxito de las políticas públicas o son las políticas públicas las que determinan si la economía del comportamiento tiene algún efecto?

Lo mejor para lograr que las políticas públicas sean efectivas es que éstas tengan insumos de la economía del comportamiento. Si la política pública no va en contravía de cómo toman decisiones las personas, la política tendrá una mayor probabilidad de éxito y de supervivencia en el tiempo.

2. ¿Qué tan eficiente puede ser la veeduría pública (control social) para el control de políticas públicas?

El control social es muy importante para la ejecución y el éxito de las políticas públicas. Uno de los resultados más importantes en economía del comportamiento y en ciencias del comportamiento es que para las personas es muy importante la forma en que son percibidas por sus pares (vecinos, colegas del trabajo).

3. ¿Qué tanta investigación en economía experimental hay en América Latina? ¿Cómo es la relación entre psicólogos y economistas?

Actualmente hay una creciente interacción entre psicólogos y economistas, lo que facilita una fertilización cruzada en ambas áreas de investigación. En América Latina hay equipos consolidados de investigadores haciendo experimentos. También hay colegas en Kenya y Sur África que hacen experimentos que brindan resultados interesantes acerca de la importancia del contexto.

Estos resultados también se pueden utilizar para entender el contexto que observamos en América Latina. Según Alpizar, poco a poco, economistas y psicólogos empiezan a tener trabajos en el Estado lo cual facilita que el diseño de las políticas públicas sea permeado por los resultados de la economía experimental. Esto ya se observa en países como en Estados Unidos e Inglaterra.

## Panel 1. Economía conductual orientada al crecimiento verde

Moderador: Juan Camilo Cárdenas. Decano de la Facultad de Economía de la Universidad de Los Andes.



- Conferencista 1: Cesar Mantilla. PhD en Economía. Docente Universidad del Rosario.

Conferencia: *“Recompensas condicionales para un comportamiento sostenible: lecciones de focalización de una pesquería de acceso abierto”*.

Cesar Mantilla informa que los contratos relacionales entre pescadores y consumidores tienen como objetivo que los pescadores se comprometan a pescar de manera sostenible, y a cambio los consumidores pagan un precio más alto por el pescado. El autor encuentra que este mecanismo no funciona en todas las comunidades pesqueras debido a las diferencias en la valoración del recurso y la presión económica que tienen las comunidades pesqueras.

- Conferencista 2: Clemencia Martínez. MSc en Economía. Investigadora Universidad de América.

Conferencia: *“Aplicación del modelo de elección colectiva en organizaciones campesinas productivas en Colombia”*

El objetivo general de esta investigación es validar la aplicación de la elección colectiva para mejorar la productividad en actividades agropecuarias a pequeña escala. Por lo cual, a partir de datos de unidades productivas agrícolas de la Sabana de Bogotá, se encuentra que mejorar el capital humano y la genética del

ganado incrementa la producción de leche. También es posible incrementar la producción de leche sin aumentar la frontera agrícola.

- Conferencista 3: Yady Barrero. MSc Ciencias Económicas. Docente Universidad Javeriana.

Conferencia: *“Género, cooperación y comunicación: evidencia experimental sobre el uso de los recursos”*

El objetivo de esta investigación en curso es analizar las decisiones de acción colectiva en el cuidado de los ecosistemas y el uso de los recursos. Se encuentra que cuando se propicia la comunicación y la participación en el cuidado de los recursos, se facilita la toma de decisiones sostenibles de extracción. Adicionalmente, las mujeres reaccionan más a la comunicación y a los mecanismos de elección colectiva que los hombres.

Preguntas del público:

1. ¿Cómo aplicar la economía del comportamiento en personas del área urbana?  
La mayoría de los ejercicios presentados se han realizado en zonas rurales.

La economía experimental realizada en ciudades muestra cómo es posible lograr ahorros en el consumo de agua y energía. También es muy importante la formulación de la pregunta de investigación, porque es posible considerar los problemas de las ciudades como problemas de bienes comunes, un ejemplo de esto es el manejo del espacio público.

2. ¿Hay una relación entre el Antropoceno y la economía del comportamiento?

La economía del comportamiento permite aproximarse a las decisiones e intereses de las personas incluyendo aspectos de otras disciplinas como la biología. Si la pregunta de investigación trata sobre manejo de recursos pesqueros, es deseable tener en cuenta en los experimentos económicos los modelos sobre agua y pesquerías.

El Antropoceno es la época que sigue al holoceno. El holoceno es una etapa de poca variabilidad en el comportamiento del ambiente, mientras que en el Antropoceno se considera que todos los procesos que dan sustento a la vida están bajo el control del ser humano.

La época actual en la que vivimos es considerada como el Antropoceno, por lo cual es necesario implementar políticas que tienen en cuenta que los ecosistemas tienen baja capacidad de respuesta y a la vez están bajo el control humano. Esto da una sensación de gran responsabilidad a la sociedad.

## Panel 2: Experimentos socioeconómicos para el diseño de políticas económicas sostenibles

Moderadora: Silvia Calderón. Subdirectora de Desarrollo Ambiental Sostenible, Departamento Nacional de Planeación.



- Conferencista 1: Jorge García. Ph D en Economía. Docente Universidad de Los Andes.

Conferencia: *“Disponibilidad a aceptar desarrollo local de energía eólica: ¿el mecanismo de compensación importa?”*.

En su investigación, Jorge García encuestó a una comunidad en Noruega para conocer su opinión sobre diferentes compensaciones si se construye un parque eólico cerca a sus viviendas. Los resultados muestran que la comunidad prefiere un bien público como mecanismo de compensación. Esto es beneficioso para las empresas de energía renovable porque necesitan que sus proyectos ganen aceptabilidad al menor costo posible.

- Conferencista 2: Jorge Alexander Bonilla. PhD en Economía. Docente, Universidad de Los Andes.

Conferencia: *“Evaluando experimentos sociales usando aplicaciones móviles: el caso del día sin carro en Bogotá”*.

Jorge Bonilla evalúa el impacto de la política del día sin carro sobre la congestión y contaminación utilizando información sobre las velocidades de vehículos a través de la aplicación Waze y datos de la red de calidad del aire para el 2015 y el 2016. Sus resultados indican que durante el día sin carro obligatorio la velocidad se incrementa y las concentraciones de varios contaminantes disminuye.

En el caso de la contaminación por monóxido de carbono hay una reducción mayor a la reducción del material particulado. Aunque los resultados indican que durante el día sin carro disminuye la contaminación por material particulado, su efecto es muy pequeño para reducir de manera sustancial este contaminante criterio.

- Conferencista 3: Ligia Gomez. MSc en Mercadeo. Docente, Universidad Santiago de Cali.

Conferencia: *“Análisis de percepción y demanda de vegetales orgánicos: caso tomate orgánico en la ciudad de Cali”*.

Ligia Gomez determina la demanda de vegetales orgánicos en Cali en los años 2015 y 2016. Específicamente, se encuestaron a 276 personas aleatoriamente en los supermercados de Cali, y a consumidores de vegetales orgánicos y no orgánicos. Los resultados muestran que las personas que trabajan en ciencias básicas y salud, y las que han estado en contacto con la naturaleza desde su niñez, son más proclives a consumir vegetales orgánicos.

Preguntas del público:

1. En el caso de eventuales proyectos eólicos en Colombia, ¿qué recomendaciones haría para incluir la variable de ingresos en la preferencia por compensaciones individuales o por bienes públicos?

En este momento es una pregunta abierta. Aparentemente hay una regularidad que consiste en que las personas ricas tienen una menor preferencia por los bienes públicos que las personas pobres, lo cual puede ser una indicación del tipo de compensación que se le debería dar a una persona.

2. Si la política del día sin carro tiene aceptación pública, ¿cuál es el rol de esas políticas sobre las decisiones que toman los individuos que no necesariamente llevan a óptimos sociales y ambientales?

Si el responsable de la política está interesado en una política de largo plazo para resolver el problema de congestión o calidad del aire de Bogotá, debe considerar el sistema desde un punto de vista integrado. En el caso de Bogotá, el mayor logro de la política del día sin carro es crear conciencia ambiental. El problema con esta política es que se comunica con muchos objetivos. Si el propósito de la política es la disminución de la contaminación local en el largo plazo, es mejor pensar en una reconversión tecnológica o en mecanismos de precios, considerando el transporte de manera integral.

3. Debido a que los vegetales orgánicos no requieren el uso de fertilizantes, tienen una duración menor en comparación con los vegetales que sí utilizan fertilizantes. ¿Cómo afecta esto el mercado de productos orgánicos?

Un problema de la venta de vegetales orgánicos es que no tienen suficiente visibilidad o señalización en los almacenes. Por otro lado, se ha mostrado que los consumidores van de afán al supermercado y no tienen tiempo para buscar los productos orgánicos. Por esta razón es importante que las personas con conciencia ambiental orienten y motiven a las otras personas a consumir productos orgánicos.

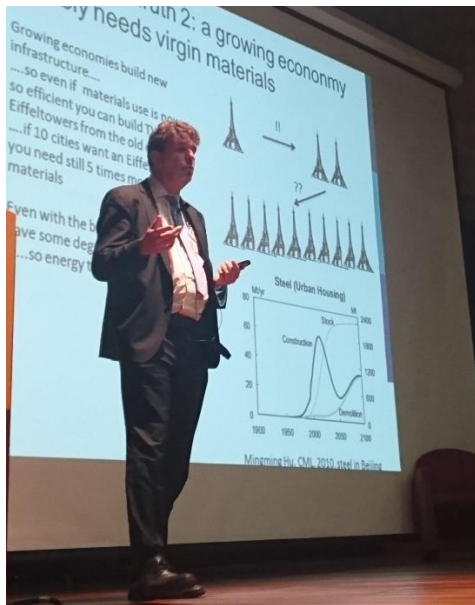
MIÉRCOLES, 19 DE JULIO DE 2017.

Tema 3: Economía circular.

Conferencia: *"Hacia una economía circular: algunas verdades y lecciones de política"*.

Arnold Tukker.

Economista, Director Científico/ Profesor de Ecología Industrial, Universidad de Leiden (Holanda).



La conferencia del economista Arnold Tukker se centró en la importancia de la economía circular y el crecimiento verde en la actualidad. Arnold resaltó los hechos estilizados de la economía circular, especialmente las verdades que resultan inconvenientes para su desarrollo. También indicó los pasos a seguir para realizar la transición hacia la circularidad de la economía y la forma en que Holanda puede colaborar junto con América Latina para avanzar hacia esta meta.

Según Arnold Tukker, países ricos como Luxemburgo, Estados Unidos, Canadá e Irlanda tienen una mayor huella ambiental que países con ingresos inferiores. Es importante notar que el índice de desarrollo humano en un país no aumenta cuando el país alcanza un cierto umbral en el uso intensivo de los recursos naturales. Por otra parte, en Europa se está consumiendo más agua y usando más tierra de la que se está generando. Por esta razón, Europa se está convirtiendo en un continente que está innovando en la economía circular para hacer un uso eficiente de los recursos.



El caso de Europa ejemplifica cómo la necesidad de implementar la economía circular puede surgir debido al problema de la escasez de recursos. En la economía circular se asegura que los productos tengan ciclos de vida más largos y que estos productos se puedan reutilizar. Sin embargo, existen verdades que pueden limitar los alcances de la economía circular. Por ejemplo, existe un límite en la eficiencia que pueden alcanzar los recursos naturales, pues una economía en crecimiento necesariamente necesita nuevos materiales sin importar si se reciclan los recursos naturales existentes. A pesar de estos inconvenientes, es necesario empezar la transición hacia la circularidad de la economía alrededor del mundo.

Arnold Tukker finaliza su exposición mencionando que los gobiernos deben empezar su transición hacia una economía circular inmediatamente. En este sentido, la política tiene que apoyar este camino, incentivando el desarrollo de nuevas tecnologías y nuevos modelos de negocios que giren en torno a la economía circular. La efectividad de estas iniciativas se fundamenta en cuatro áreas: nuevas tecnologías, sistemas de análisis ambientales y económicos, nuevas cadenas de valor y políticas públicas que apoyen estas iniciativas.

Preguntas del público:

1. ¿Cómo ha recibido el sector privado las iniciativas de economía circular en Europa?

Es necesario reconocer que hay algunos sectores que tienen problemas para adaptarse a la economía circular. Sin embargo, es importante apoyar la transición de estos sectores, pues en el largo plazo es necesario hacer el cambio. Debido a que existe una gran diferencia entre empresas que quieren adoptar la economía circular y las que no, es necesario direccionar el lobby político para encontrar ventanas de oportunidades que faciliten los cambios. Para lograr esto, es necesaria la participación de responsables de política que tengan posiciones fuertes.

2. ¿Se podrían solucionar las limitaciones planteadas de la economía circular?

Una economía circular tiene como consecuencia un menor uso de recursos naturales, lo que conlleva a disminuir la fuerza de trabajo contratada y por lo tanto se genera menos empleo. Este aspecto es difícil de manejar y comprender para los responsables de la política, pues siempre buscan acciones que generen empleo para mejorar su popularidad.

3. ¿Cómo estimular la demanda para el tipo de productos obtenidos bajo economía circular?

Si realmente se quiere estimular la demanda de productos que sean sostenibles ambientalmente, se pueden tomar varias medidas. Un buen ejemplo es hacer un mejor manejo de desechos, pues los rellenos sanitarios son muy costosos.

#### 4. ¿Cuál es la relación entre economía del comportamiento y economía circular?

Si se induce a los consumidores a que escojan productos que provienen de industrias que operan bajo la economía circular, será posible lograr que las industrias modifiquen sus técnicas de producción. De esta forma las industrias deberán buscar cómo hacer sus productos más atractivos a los consumidores.

### Panel 1. Estrategias para alcanzar una Economía Circular.

Modera: Julián López Murcia, Superintendente Delegado para Acueducto, Alcantarillado y Aseo. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.



- Conferencista 1: Claudia García. MSc en Innovación y Gestión Tecnológica. Consultora Amercias Sustainable Development Fundation (ASDF).

Conferencia: *“Evaluación de la transición hacia una Economía Circular a un nivel nacional: el caso de Colombia”*.

Claudia García expone como caso exitoso de economía circular el ejemplo del eco-parque construido en Chile, el cual es auto sostenible. En este parque se realiza una valoración de los residuos orgánicos, que posteriormente se utilizan para elaborar abonos y energía para el provecho del parque. Este parque

combina el uso de nuevas tecnologías con una gestión cuidadosa para lograr su funcionamiento apropiado.

- Conferencista 2: Jully Andrea Herrera. MSc en Ingeniería de Diseño Industrial. Docente Universidad Jorge Tadeo Lozano.

Conferencia: *“Estrategia para alcanzar una Economía Circular en Colombia”*.

Jully Herrera comenta en su exposición que cada país representa un escenario específico y las decisiones de los responsables de la política deben ser consistentes con las necesidades del país. En el caso de Colombia es necesario fortalecer la infraestructura e impulsar los modelos de negocio, el diseño y las cadenas de abastecimiento para que el país logre una transición hacia una economía circular.

- Conferencista 3: Claudia Pabón Pereira. PhD en Ciencias Ambientales, Ecología y Conservación. Docente, Universidad Adolfo Ibáñez (Chile).

Conferencia: *“Oportunidades para la recuperación de recursos en centros urbanos basadas en la gestión circular y descentralizada de residuos orgánicos municipales. Casos en Chile y Colombia”*.

Claudia Pabón expone los principios básicos de la economía circular y la alternativa del *“cradle to cradle”*, el cual busca emular los sistemas naturales en los procesos productivos dentro de las industrias. Para el caso de Colombia, se sugiere una estrategia que combina los esfuerzos del gobierno, la academia y la industria, con el fin de impulsar el diseño de productos que sean reciclables y reutilizables.

Preguntas del público:

1. ¿El eco-parque de Chile es auto sostenible o es financiado? ¿Cuál es la relación entre economía circular y las políticas de los gobiernos?

Actualmente, el eco-parque en Chile genera sus propios recursos y se espera que en el futuro pueda generar aún más recursos. Un aspecto positivo es que la municipalidad está ahorrando recursos de financiamiento gracias al eco-parque. En el caso de Colombia existen adelantos con respecto a la economía circular, por lo que las políticas deben apuntar para iniciar este cambio.

2. ¿Qué diagnóstico se tiene de las universidades colombianas sobre la economía circular?

Hay varias universidades en Colombia que están incorporando la economía circular, tales como EAFIT, EAN, Universidad Jorge Tadeo Lozano y Universidad de los Andes. Sin embargo, son esfuerzos pequeños y el proceso hasta ahora empieza.

3. Pregunta para la conferencista Claudia Pabón ¿Por qué en su modelo se tienen en cuenta primero los desechos y luego las empresas, si son las empresas las que producen estos desechos?

La conferencista Claudia Pabón responde que el modelo refleja un proceso integrado entre las empresas privadas y el sector público. Por lo tanto, debe existir una articulación entre las estrategias privadas y públicas para facilitar el cierre de los ciclos.

4. ¿Qué tipo de riesgos se han identificado con las nuevas tecnologías que se implementan en el hogar?

En Chile se estimula un marco normativo que estipula los lineamientos de seguridad para plantas de biogás desde escala doméstica hasta escala industrial. Este marco normativo garantiza la seguridad necesaria.

5. ¿Cómo hacer para vincular a la población en las políticas de economía circular?

No vincular a la población en las iniciativas de economía circular es una falencia en los proyectos pilotos impulsados por las empresas. Es necesario concientizar a los ciudadanos sobre los productos que consumen para que empiecen a demandar productos que sigan los lineamientos de la economía circular.

## **Panel 2. Análisis y gestión de recursos en pro de una economía circular.**

Moderadora: Carolina Urrutia. Gerente de Negocios Sostenibles y Editora Consejera de Semana Sostenible.



- Conferencista 1: Sergio Ballén. MSc en Arquitectura Sostenible. Investigador Universidad Nacional de Colombia y Universidad C.M de Cundinamarca.

Conferencia: *“Análisis del ciclo de vida de mampostería y su consumo energético e hídrico”*.

La presentación de Sergio Ballén plantea un esquema de economía circular para una empresa de arcilla colombiana. Para mejorar el ciclo de la mampostería en esta empresa se propone un proceso que aumente el valor incorporado, consuma menos energía, genere menores emisiones de  $CO_2$  y aumente la capacidad competitiva.

- Conferencista 2: Enrique Gilles. PhD en Economía. Profesor y Coordinador del Doctorado en Gestión Universidad EAN.

Conferencia: *“Una evaluación de la eco-eficiencia en la economía colombiana”*.

Enrique Gilles presenta una evaluación de la eco-eficiencia en la economía Colombiana, para lo cual utiliza datos del DANE para desagregar la economía colombiana por sectores y analizar la forma en que cada sector aporta a cambios en la ineficiencia. Los resultados muestran un aumento en ineficiencia de 2005 a 2011, el cual se debe principalmente a cambios en productividad y cambios tecnológicos.

- Conferencista 3: Jooyoung Park. Ph D en Estudios Ambientales. Docente Universidad de Los Andes.

Conferencia: *“Fin de la vida útil de las llantas y su manejo en Colombia”*.

La presentación de Jooyoung Park se centra en un estudio del ciclo de vida de las llantas en Colombia. En este estudio se analiza la gestión de residuos de la quema de llantas y la forma en que el gobierno colombiano regula este mercado. En sus resultados se propone que el gobierno mejore los sistemas de monitoreo e información para poder establecer políticas públicas adecuadas a este sector.

Preguntas del público:

1. ¿Cuál es la factibilidad técnica de las certificaciones ambientales en construcción?

Las certificaciones son costosas. Sin embargo, la construcción ha mostrado grandes adelantos pues están reduciendo el impacto ambiental. La recomendación para el gobierno es crear sellos ambientales que certifiquen estas prácticas.

2. ¿Qué hacer cuando se presenta como obstáculo el gran número de importadores de llantas? ¿Es la autoridad ambiental la que está limitando los hornos para la quema de llantas?

En Colombia hay muchos importadores de llantas, sin embargo, no existe una forma de corregir este problema.

Acerca de la quema de llantas, en Colombia esta responsabilidad ha recaído completamente sobre los productores cuando debería ser compartido. Los permisos para emisiones dependen del material que se quema en los hornos, y en el caso de las llantas se debe gestionar un permiso adicional.

3. En Colombia se usan llantas como decoración, ¿es esta una práctica buena o tiene algún riesgo?

En términos de uso y reciclaje, si la llanta se usa sin haber sido procesada se estaría hablando de reutilización, lo cual es algo muy bueno para el medio ambiente. Sin embargo, se resalta que no se debe promover la reutilización de materiales que comprometan la salud de la población, aunque se reconoce que esta es un área de investigación nueva que necesita más desarrollo.

4. ¿Cómo impulsar la innovación en el marco regulatorio para la economía circular? ¿En dónde se deberían hacer mayores esfuerzos para lograr una economía circular: consumidor, productor o gobierno?

Se deberían focalizar los esfuerzos en el consumidor, pues falta educación y pedagogía para que los consumidores conozcan las bondades de la economía circular.

Debe haber un empalme más fuerte entre la academia y el gobierno, puesto que existen muy buenas iniciativas que no se ven reflejadas en las políticas públicas. Por otra parte, el gobierno y las grandes asociaciones de productores son las que tienen las herramientas para generar la innovación e impulsar la economía circular. Esto implica que son estos actores los que deberían realizar mayores esfuerzos.

## Tema 4. Instrumentos económicos y financieros.

Conferencia: *“Instrumentos económicos para la transición a una economía verde”*

Michael Toman

Gerente de investigación, Programa de Energía y Medio Ambiente. Banco Mundial.



*“Políticas de largo plazo son claves para afrontar riesgos a gran escala y degradación ambiental irreversible para las futuras generaciones”*

Michael Toman

En su exposición, Michael Toman explica a profundidad el concepto de economía verde, el cual abarca diferentes dimensiones, entre las que se destaca: el mejoramiento de los recursos naturales y medioambientales para mejorar el crecimiento económico, la reducción de las barreras para el desarrollo, la inversión en innovación técnica e infraestructura que potencie el desarrollo económico y reduzca el impacto ambiental, y la protección contra los daños permanentes a los sistemas naturales.

Bajo el enfoque de la economía verde, el problema de la degradación ambiental proviene de los bajos precios de los recursos naturales. Si suponemos que la tierra, los bosques, los stocks de peces y el agua son asequibles para todos, nadie tendrá el incentivo de controlar la sobreexplotación o de proteger en la protección de los recursos. Michael resalta la necesidad de reconocer las características únicas de los servicios ecosistémicos y ambientales, puesto que éstos son bienes públicos a los que no se les puede definir un precio solamente a partir de los mercados.

Michael Toman describe cómo distintos instrumentos de política pueden ser usados en circunstancias diferentes. Por ejemplo, un primer instrumento es esclarecer y hacer cumplir los derechos de propiedad, ya sean privados, comunales o gubernamentales, debido a que estos fortalecen los incentivos para mantener los recursos. Un segundo

instrumento es reducir los subsidios que generan derroche de recursos y perjudican el medio ambiente. Un tercer instrumento es definir políticas económicas que encarecen bienes o actividades, por ejemplo, a través de un impuesto, que son ambientalmente perjudiciales con el fin de reducir su demanda y producción. Esto se puede lograr mediante un impuesto a las emisiones de polución o mediante cuotas para la conversión o destrucción de hábitats. Un aspecto provechoso de este instrumento es que los recursos recaudados pueden ser utilizados para diversos fines como: disminuir otros impuestos, ayudar a los más necesitados, invertir en la provisión de otros bienes públicos, y desarrollar nuevos enfoques que disminuyan los daños ambientales. Un cuarto instrumento puede ser un mercado de permisos para regular la cantidad de polución, el cual genera incentivos similares a los de un impuesto por contaminación. Como ejemplos Michael menciona los impuestos a la contaminación del agua en muchos países de la Unión Europea y en Colombia, los precios sobre emisiones de carbón en Chile y México, un mercado de permisos de contaminación en Estados Unidos, las cuotas de pesca en Nueva Zelanda, entre otros. Una consideración necesaria para el funcionamiento del instrumento es que las políticas que definen precios requieren que el gobierno tenga la capacidad para hacer cumplir esa política, por ejemplo, a través de multas a los que incumplen y monitoreo permanente. Adicionalmente, la fijación de estas políticas económicas depende del contexto y de las características económicas del país.

Con respecto al mercado de permisos, el conferencista indica que es relevante definir la forma en que se realiza la asignación de los permisos medioambientales. Las transferencias gratuitas de permisos pueden significar barreras de entrada para nuevos competidores, o en el caso en que se otorguen más permisos a recursos con baja intensidad de emisiones, la asignación de permisos puede funcionar como un subsidio a la producción. También destaca la creación de un depósito reembolsable para productos peligrosos para el medio ambiente para forzar un manejo responsable.

El mensaje central de Michael Toman hace énfasis en la importancia de que los responsables de la política comprendan que los instrumentos económicos no reemplazan los estándares ambientales adecuados, pero sí son mecanismos necesarios para lograr una transición hacia la economía verde. Los responsables de la política también deben analizar la manera en que ciertas políticas (comerciales, de inversión o tributarias) restringen el acceso a tecnologías verdes. Por ejemplo, si en una política tributaria el impuesto a los carros nuevos es mayor que el aplicado a los carros viejos, o se define un subsidio a la gasolina, puede ocurrir que se levanten barreras a la reconversión tecnológica generando un retroceso en la senda de crecimiento verde.

Preguntas del público:



1. ¿Qué tan efectivo es un impuesto al carbono para disminuir los impactos ambientales que se causan por las actividades económicas?

Desafortunadamente es necesario introducir en ciertos sectores económicos un precio alto del carbono para lograr que los individuos cambien sus elecciones. Típicamente, los análisis económicos indican que es necesario usar tasas de impuesto superiores a 10 dólares por tonelada. Ante estos niveles de impuesto, lo mejor es introducir esta clase de política en sectores en los que es más fácil cambiar las tecnologías como es el caso de la industria eléctrica en Estados Unidos. En ese país se produce mucha electricidad a partir de carbón y hay muchas opciones verdes que se pueden implementar para generar electricidad.

2. ¿Cuál es su opinión acerca del nivel ideal del precio del carbono para Colombia?

No hay una respuesta típica y general que informe cuál es el nivel ideal del precio del carbono de cualquier país. Es necesario considerar el contexto colombiano y el interés de las autoridades en reducir emisiones y en balancear costos e impactos ambientales. Posiblemente el impuesto no reducirá mucho las emisiones al principio, pero es un buen comienzo.

3. ¿Cuál es el rol de las instituciones en evitar la variabilidad en el interés de los políticos por implementar instrumentos económicos para una economía verde?

La realidad es que los cambios de gobierno a veces traen cambios en los compromisos políticos y en la definición de los instrumentos económicos para una economía verde. Los gobiernos usualmente definen políticas y metas que son proporcionales a la posición que tiene la sociedad frente al ambiente. Si para la sociedad no es importante el cambio climático, será mucho más difícil definir y sostener políticas para una economía verde. Sin embargo, es posible proveer información a la sociedad y generar propaganda positiva para persuadir a la gente de cambiar sus opiniones sobre el medio ambiente. En este proceso también es necesario proteger las oficinas dentro de los ministerios encargados de velar por el medio ambiente contra los cambios políticos.

### **Panel 1. Instrumentos económicos para promover el crecimiento verde**

Moderador: Javier Sabogal Mogollón, Asesor del Despacho del Viceministro Técnico, Ministerio de Hacienda y Crédito Público.



- Conferencista 1. Germán David Romero. MSc en Economía. Coordinador del Estudio de impactos económicos del cambio climático, Departamento Nacional de Planeación.

Conferencia: *“Simulaciones de instrumentos tributarios: efectos en la economía y en la reducción de GEI”*.

Germán Romero expuso cómo se elaboraron los insumos para la definición del impuesto al carbono promulgado en la reforma tributaria en Colombia. Particularmente, se integraron modelos económicos y de ingeniería para analizar las consecuencias de distintos impuestos. El impuesto promulgado recae sobre los combustibles fósiles, no sobre las emisiones, y su recaudo está destinado al Fondo Colombia Sostenible para el desarrollo rural y ambiental.

- Conferencista 2: Margarita Gutiérrez. MSc en Economía Ambiental. Subdirectora The Nature Conservancy.

Conferencia: *“Fondos de agua, hidroenergía por diseño y pagos por servicios ambientales: herramientas e instrumentos económicos que promueven el crecimiento verde”*.

Margarita Gutiérrez expuso tres ejemplos de instrumentos económicos aplicados al campo colombiano. Fondos de agua: son mecanismos financieros para la conservación de las áreas de abastecimiento de agua de las ciudades. Hidroenergía por diseño: con análisis multicriterio muestra cómo se genera energía con menores impactos ambientales. Ganadería colombiana sostenible: se diseñan pagos por servicios ambientales para predios ganaderos.

- Conferencista 3: Andrés Valverde Farré. MSc en Ingeniería Industrial. Docente Investigador, Universidad Piloto de Colombia.

Conferencia: *“Externalización de los costos ambientales sobre los impuestos de los productos en Colombia, una autorregulación sobre nuestro futuro verde”*.

Andrés Valverde sostiene que a Colombia le quedan seis años y medios de reservas petroleras demostrables. Por ende, la sociedad debe preguntarse qué hará cuando el recurso del petróleo se haya agotado. Respecto a los impuestos, Andrés menciona que el impuesto a las bolsas plásticas en los primeros 6 meses generó una reducción del 27% en su consumo.

Preguntas del público:

1. Un impuesto por tonelada de dióxido de carbono equivalente en Europa no ha generado incentivos para la reconversión tecnológica, ¿por qué este mismo impuesto sí puede lograr la reconversión tecnológica en Colombia?

El impuesto al carbono no es una señal económica para el corto plazo. Se espera que en el largo plazo las inversiones económicas tengan en cuenta que el precio del carbono será cada vez mayor y de esta manera se impulsará la reconversión tecnológica en Colombia.

2. Se ha hablado de incentivos para generar cambios en el comportamiento del consumidor, ¿de qué sirve el crecimiento verde si cada vez hay más población? ¿qué tipos de instrumentos económicos se pueden diseñar para la reducción del crecimiento poblacional?

Son preguntas muy difíciles. Pocas personas tienen ideas sobre cómo reducir el número de hijos en las familias. Los gobiernos tienen la posibilidad de implementar más acciones para favorecer la educación y la salud de las niñas y mujeres con el fin de que ellas tengan más opciones de vida. Por lo general, con el crecimiento económico hay familias más pequeñas.

3. ¿Cómo se pueden implementar instrumentos económicos en el sector ganadero frente al uso extensivo de tierras y reducción de emisiones?

El cambio de uso del suelo y las actividades de ganadería generan aproximadamente el 40% de los gases efecto invernadero del país. El 50% de los ganaderos del país tienen menos de 10 vacas, lo que significa que no todos los ganaderos son grandes ganaderos ni extensionistas. Por lo tanto, es muy importante apoyar a los ganaderos con menos de 10 vacas con instrumentos económicos para evitar que sigan corriendo la frontera y para que produzcan mayores ingresos.

## Panel 2: Valoración económica de recursos y esquemas de instrumentos económicos y financieros

Moderadora: Carolina Jaramillo. Representante País/Colombia. Global Green Growth Institute.



- Conferencista 1: Yelly Yamparli Pardo Rozo. PhD en Ciencias Naturales y Desarrollo. Investigadora Universidad de la Amazonía.

Conferencia: *"Valoración económica de coberturas en predios agropecuarios de Belén de los Andaquíes, Caquetá"*.

Yelly Yamparli expone un modelo de precios hedónicos para observar cuáles son los atributos a nivel de estructura y características ambientales y sociales, que definen el precio de las tierras en Caquetá. Los resultados muestran que los bosques no inciden en el precio de la tierra debido a que no se les concede un valor. Por el contrario, el área de extensión y el área de cultivo afectan positivamente el precio de la tierra.

- Conferencista 2: Juan Pablo Romero Rodríguez. MSc en Economía y Administración Ambiental. Investigador Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Conferencia: *“Esquemas tipo PSA y la gestión del páramo”*.

Juan Pablo Romero hace parte del proyecto “Páramos, biodiversidad y recursos hídricos en los Andes del Norte”. En este proyecto han encontrado que las actividades agropecuarias y mineras en los páramos deben detenerse, por lo que muchas personas deben adoptar actividades económicas diferentes. También es necesario implementar un esquema de pagos por servicios ambientales, que proveerá los recursos para financiar la gestión del páramo.

- Conferencista 3: Hadrien Hainaut. MSc en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Gerente de Proyecto, Finanzas Climáticas, Institute for Climate Economics/ I4CE, Francia.

Conferencia: *“Seguimiento a los flujos de capital para las inversiones del clima: lesiones aprendidas de las finanzas del clima en Francia”*.

En Francia, en el año 2014 se invirtieron 32 billones de euros en inversión doméstica para el clima, lo que equivale al 10% de la formación tangible de capital en Francia. En Colombia, Hadrien trabaja con Planeación Nacional y la Agencia Francesa para el Desarrollo, con el objetivo de apoyar el proceso de rastreo e identificación de las inversiones públicas y privadas para el clima en Colombia.

Preguntas del público:

1. ¿Cuál es el rol del sector privado en el financiamiento climático? ¿Cómo a través de los instrumentos económicos se puede incentivar una mayor participación en el financiamiento climático?

El sector privado siempre necesita analizar los riesgos de la inversión y la rentabilidad futura de un proyecto. Una vez los inversionistas entienden los beneficios que pueden obtener de un proyecto bajo en carbono, es posible que dirijan sus recursos hacia ese proyecto.

El crecimiento verde requiere que la mayoría de la inversión provenga del sector privado, puesto que el sector público no tiene recursos suficientes. El papel de las

políticas económicas es impulsar esas inversiones, para las cuales los riesgos son muy importantes, como por ejemplo el riesgo de una política nacional cambiante o el riesgo tecnológico.

2. Con el nuevo decreto ley de pagos por servicios ambientales, ¿qué desafíos hay para integrar diversos servicios ambientales con la modalidad de los pagos por servicios ambientales?

El posconflicto traerá muchos recursos que deberían canalizarse a través de la academia. Con estos recursos, es posible transferir el conocimiento a los productores para que hagan un uso sostenible de los recursos y adopten pagos por servicios ambientales. Para garantizar la sostenibilidad de los pagos por servicios ambientales, se necesita que el Estado esté presente en las zonas apartadas.

De otro lado, es importante identificar cómo cada aporte que se realiza en pagos por servicios ambientales contribuye a cada servicio ecosistémico. Es necesario que las transformaciones productivas logradas sean sostenibles en el tiempo y no dependan de un incentivo como los pagos por servicios ambientales.

## APÉNDICE: ARTÍCULOS PRESENTADOS EN EL SIMPOSIO

### LONG-TERM ABATEMENT POTENTIAL AND CURRENT POLICY TRAJECTORIES IN LATIN AMERICAN COUNTRIES

ANA MARÍA LOBOGUERRERO

PhD. en Economía

Directora de Programa de Investigación

Centro Internacional de Agricultura Tropical



Stabilizing greenhouse gas (GHG) concentrations and limiting associated temperature change will eventually require deep emission reductions from all regions of the world. However, the manner and timing of abatement will differ across countries and regions. Each country's or region's contribution will depend on the nature of its emissions in the absence of abatement (baseline emissions) and the associated potential to reduce those emissions. An important issue within this context is the nature of possible emission reductions in any country or region consistent with ambitious long-term global climate goals. This study aims to explore several dimensions of abatement in Latin America. In specific, it explores the following questions. First, what are key characteristics of Latin America that might influence opportunities to reduce emissions, including states of development, emission profiles, and energy mixes. Second, is the economic abatement potential higher or lower in Latin America than in the rest of the world? This question is related to the appropriate Latin American abatement commitments in the context of global climate discussions. Third, how might the economic abatement potential vary across countries within Latin America? Fourth, how much would it cost to implement substantial emission reductions in Latin America through 2050? Finally, how consistent were plans in Latin American countries, up to 2014, with longer-term climate or abatement goals?

**Key issues for understanding policy in Latin America**

The opportunities for abatement vary across countries for several reasons. One of these, the level of development, is particularly important for understanding global climate discussions and in drafting policies that are adequate to national circumstances. The level of development influences the capacity of countries to take action on abatement, gives some indication of the potential for economic growth and associated emission growth, and raises important issues surrounding the linkage between abatement and sustainable development. The level of development in the different Latin American countries influences climate policy choices, as countries try to balance costs and benefits of abatement while allowing for human development.

#### Important facts for Latin America:

1. The state of human development in Latin America is second among the developing world, and above the global average, as measured by the inequality-adjusted human development index (IHDI).
2. Although countries in Latin America have made progress in reducing income inequality, Latin America still has the highest disparities in wealth distribution in the world.
3. Final energy and primary energy consumption per capita in Latin America are well below that of Europe and the U.S., and generally below the world average.
4. In Latin America, emissions per capita are strongly linked to economic output, and to the level of development more broadly, but there is variation in this correlation. For example, the Latin American and Caribbean region has a similar IHDI as China but lower emissions per capita. These variations in emission intensity of the different Latin American economies reflect different structures of the energy system, but also differences in policies and resource endowments.
5. As with most countries, oil constitutes a large portion of the energy system in Latin America. However, unlike the U.S., the EU, or China, most Latin American countries currently have only a minimal reliance on coal. Only Argentina and Mexico currently consume natural gas as a large portion of the electricity sector. Several Latin American countries currently rely heavily on hydropower, particularly Brazil and Colombia.
6. The most noticeable difference between Latin American electricity systems and those of the rest of the world is that those in Latin America generally use little coal, which limits



the potential to reduce emissions by rolling back the use of coal. Instead, Latin American countries are far more reliant on natural gas and hydropower.

7. In most regions, and particularly the developed regions, CO<sub>2</sub> emission from energy and industry accounted for at least 95% of total CO<sub>2</sub> emissions in 2008, which made up about 80% of all GHG emissions. In Latin America, however, over 30% of CO<sub>2</sub> emissions in 2008 were from land use changes and about 40% of GHG emissions were from non-CO<sub>2</sub> emissions. However, there are large variations from this distribution across Latin American countries. Mexico and Chile are comparable to many developed countries in terms of emission structure, but land use related emissions and non-CO<sub>2</sub> GHG accounted for about two-third of GHG emissions in Brazil and Colombia and almost half of the GHG emissions from Argentina in 2008.

### **Scenarios and models**

The CLIMACAP–LAMP project (which is part of this study) is based on a large set of scenarios intended to understand climate change abatement in Latin America. This paper relies on the following subset of these scenarios:

Scenario	Description
Core Baseline	Business-as-usual scenario including climate and energy policies enacted prior to 2010. "Copenhagen Pledges" not included.
Policy Baseline	Assumes implementation of policies implemented beyond 2010 or currently under consideration, including "Copenhagen Pledges". Approach is left to modelers' choice.
650 Concentration	Global radiative forcing is kept below 4.5 W/m <sup>2</sup> (650 ppmv CO <sub>2</sub> e) throughout the century.
550 Concentration	Global radiative forcing is kept below 3.7 W/m <sup>2</sup> (550 ppmv CO <sub>2</sub> e) throughout the century.
450 Concentration	Global radiative forcing is brought to 2.6 W/m <sup>2</sup> (450 ppmv CO <sub>2</sub> e) by 2100. Concentrations exceed ("overshoot") this level before 2100.
20% Abatement (FF&I)*	Fossil fuel and industrial CO <sub>2</sub> emissions are reduced across Latin America by 5% in 2020, linearly increasing to 20% in 2050, with respect to 2010.
50% Abatement (FF&I)*	Fossil fuel and industrial CO <sub>2</sub> emissions are reduced across Latin America by 12.5% in 2020, linearly increasing to 50% in 2050, with respect to 2010.
20% Abatement (GHG)*	GHG emissions, excluding LUC CO <sub>2</sub> , are reduced by 5% across Latin America in 2020, linearly increasing to 20% in 2050, with respect to 2010.
50% Abatement (GHG)*	GHG emissions, excluding LUC CO <sub>2</sub> , are reduced by 12.5% across Latin America in 2020, linearly increasing to 50% in 2050, with respect to 2010.

\* These scenarios assume a common carbon price across Latin American countries. These scenarios assume a comparable emissions reduction trajectory for the rest of the world. However, because no trade of permits or other means to equalize prices is assumed, the carbon prices in Latin America may be different from those in the rest of the world.

Beyond a common requirement regarding abatement approaches, no additional harmonization was required among models. This means that model assumptions about key technologies as well as assumptions about socioeconomic drivers such as population and economic growth vary across the models. These differences, along with differences in model structure, are responsible for the variation in results among models.

Participating models

Ten models participated in the construction of the global abatement scenarios and the 20% and 50% abatement scenarios. The models used in this study differ in a number of ways that can have important implications for the resulting scenarios. One important area of difference is sectoral coverage. Because of its importance for climate change, all the models include some representation of the energy sector. Some models, in addition, include explicit representations of land use. Finally, a number of participating models are “general equilibrium” models, meaning that they have a representation of the full economy and can track changes to GDP or consumption. Models also vary in terms of the number of countries they cover. Models that provide information on the whole world provide a basis for understanding Latin American emission reductions within a global context. Models which focus on specific countries can often provide detailed information at the country level. Models that include all of Latin America may break the region into a number of sub regions or countries or may simply consider Latin America as a whole. Models carry representations of different emissions, ranging from CO<sub>2</sub> only, to CO<sub>2</sub>, the remaining Kyoto gases, and short-lived species such as aerosols. Models capture the time dimension in different ways as well, including the last historical year in the model (the base year) and the time steps of the model (ranging from one year to ten years).

### **Latin American emission reductions and global climate goals**

The scenarios and models used in this study are useful to address the following questions: what is the level of abatement that is appropriate in Latin American countries if there exists a global goal to reduce emissions by, for example, 50% below 2010 levels by 2050. Would it be appropriate for Latin American countries to reduce emissions by more or by less than 50%? The answer to these questions is bound up in a wide range of issues having to do with economic efficiency, equity and fairness, the design of international policy, and international geopolitics. Hence, no study can provide a definitive answer to this question. Studies such as this one can, however, provide information that is useful for those people actually engaged in setting abatement goals for different countries or negotiating international agreements.

In this exercise, we explore the economic abatement potential of Latin American countries relative to the world as a whole. Relative economic abatement potential is assessed from

scenarios with an economically-efficient global allocation of emission reductions; that is, scenarios in which emission reductions are distributed among countries in a manner that minimizes the total global economic cost of abatement. In general, and under the admittedly idealized assumption that there are no market failures or pre-existing economic distortions and that all markets function effectively, the economically-efficient allocation is the allocation that emerges based on the implementation of a uniform carbon price across all sectors and countries.

Results for 2030 and 2050 tell a mixed story. In most models, overall GHG emission reductions are less aggressive in Latin America than for the world, but they are more aggressive in several models. When splitting these overall emissions into three parts – fossil fuel and industrial CO<sub>2</sub> emissions, land use change CO<sub>2</sub> emissions, and non- CO<sub>2</sub> emissions – a different story emerges. The primary cause of variation in total GHG emission reductions is variation in land use change CO<sub>2</sub> emissions. The story is more consistent for both fossil fuel and industrial CO<sub>2</sub> emissions and non- CO<sub>2</sub> emissions. Most models find that economically-efficient emissions in 2030 and 2050 relative to 2010 are higher in Latin America than for the world. This would indicate, for example, that if a 50% global reduction in fossil fuel and industrial CO<sub>2</sub> emissions relative to 2010 is the global goal, then it is economically efficient for Latin America to take on less aggressive emission reductions relative to 2010.

There are two primary factors relevant for the variation among models with respect to fossil fuel and industrial CO<sub>2</sub> emissions and non-CO<sub>2</sub> emissions: (i) First, given that these reductions are compared to 2010 emissions, the level of baseline emission growth is a critical indicator of possible reductions; (ii) The second issue is the potential to reduce emissions from the baseline. Countries with lower reliance on high-emitting fuels such as coal should, all other things being equal, have a lower capacity to reduce emissions. The major cause of the less aggressive emission reductions, relative to 2010, in Latin America is baseline emission growth. Economic abatement potential relative to baseline emissions is both higher and lower than for the world, and there is no consistent bias. Emission growth, however, is consistently higher in Latin America than the world.

The final question this section explores is how much variation there might be in the economically-efficient emission reductions among Latin American countries. Because of limited information on most countries in Latin America, we concentrate here only on Brazil and Mexico. A fully consistent story does not emerge from the scenarios in either 2030 or 2050, although Brazil in general appears to take on lower emission reductions relative to 2010 than does Mexico. Again, a large reason for differences has to do with differences in assumptions about baseline emissions.

### **Carbon prices and abatement costs**

The degree to which any country reduces emissions will depend heavily on a range of different factors. Among the most relevant of these are the economic costs of undertaking emission reductions. One means to understand these costs is to create marginal abatement cost functions based on scenarios, such as those in this study. These are constructed by plotting carbon prices relative to emission reductions. Emission reductions can be expressed relative to 2010 or relative to the corresponding baseline scenario. Consistent with numerous previous studies an enormous range of carbon prices are estimated for Latin America as a whole by different models, with an order of magnitude separating the low and high estimates.

It is important to note that cost estimates associated with reductions relative to a particular base year (in this case, 2010) are confounded by the baseline scenario assumptions. The higher are emissions in the baseline scenario, the more that emissions must be reduced to meet the abatement goal, and therefore the higher the costs. Hence, these cost estimates are potentially subject to more uncertainty than those associated with emission reductions relative to associated baseline scenarios. Even when controlling for differences in baseline scenarios by expressing abatement in terms of reductions from the baseline, however, carbon prices still exhibit an enormous variation. This result further highlights that if the costs from these models are to be used in policy analysis, greater information is need on why estimates vary so substantially across models.

A more general method for controlling differences between models is to look at the variation in costs among countries or regions within particular models. Of the eight models producing information for marginal abatement cost curves, about half exhibit very little difference in abatement costs across regions. The remaining half exhibit meaningful variations. In general, those models with similar results are leaning toward a more “global” approach to abatement in which the same technologies and fuels are widely accessible across countries and regions with little variation in cost or the difficulty of deployment. In contrast, the models with significant variations in costs are indicating highly differentiated potential for abatement.

### **The implications of current policies on abatement in Latin American countries**

To examine the role of current policies in meeting longer-term reduction targets, this section contrasts business as usual baselines, which include abatement measures adopted prior to 2010, with stylized policy baseline scenarios, which include measures adopted or ratified after 2010. The analysis focuses on Argentina, Brazil, Colombia, and Mexico because these countries are individually represented in a number of the models in this study.

#### **Argentina:**

On the basis of the implementation of the set of measures considered in the policy baseline scenario using the LEAP-FB model during the period 2010–2050, emissions fall from the baseline by roughly 9% in 2020, 14% in 2030, 17% in 2040 and 18% in 2050. Applying these percentage emission reductions from baseline in the two global models that represent Argentina, GCAM and TIAM-ECN leads to emission prices of about 15 and 110\$/tCO<sub>2</sub>.

**Brazil:** The construction of Brazil's policy baseline scenario follows Brazil's energy expansion plan out to 2022. In the policy baseline scenario, the models replicate the power sector capacity and/or output specified in the energy expansion plan. Emission changes in 2030 are modestly negative (–1% to –14%) for most models. However, general equilibrium effects in fuel markets lead to slight increases in emissions in the Phoenix and EPPA models of 1.4% to 2.8%, respectively.

Colombia:

The measures considered in the policy baseline scenario include the ones proposed in Colombian Low Carbon Development Strategy with respect to CO<sub>2</sub> and non-CO<sub>2</sub> GHG's but do not include reductions from land use and land use change, which account for 20% of Colombia's emissions. The policy baseline scenario, constructed from the expected reductions from these policies and measures, is implemented as an emission cap from 2015 through 2050. In 2030 the policy caps CO<sub>2</sub> emissions at about 60% above 2010 levels or 33% for all GHG's. Under the cap, emission reductions from baseline in 2030 for the three models that break out Colombia are about 40% in GCAM and Phoenix, yet only 25% in TIAM-ECN because of lower baseline emissions. The corresponding carbon prices needed to reach those reduction levels are about 35, 50, and 55\$/tCO<sub>2</sub> respectively. The GDP loss in 2030 estimated by the Phoenix model, the only computable general equilibrium model of the three, is 1.6% relative to baseline GDP.

Mexico:

The representation of Mexico's National Climate Strategy in the policy baseline scenario targets a 30% reduction in emissions below BAU in 2020. Emissions are held constant thereafter. The constant emission target from 2020 to 2030 is intended to represent one plausible future emission pathway that is consistent with limited outside financing. The carbon prices in 2030 needed to reach these emission reductions fall within a range of 50 to 75\$/tCO<sub>2</sub> for six of the seven models with the remaining model at 20\$/tCO<sub>2</sub>. The two CGE models, EPPA and Phoenix, estimate the GDP loss in 2030, relative to baseline GDP, at 1.5% and 1.8% respectively.

National policies in the global context:

Having examined country-level policies for four major countries in Latin American, it is useful to understand if these policies are consistent with global climate goals discussed in the previous sections. Although the four countries above constitute the majority current emissions, the treatment of the remaining countries in Latin America will affect the comparison. For the purpose of this exercise we assume that the other countries in Latin America will undertake

emission reductions at the average level of the four we have already analyzed, with the exception of Chile, which has a 2020 Copenhagen pledge of 20% below baseline emissions. This translates to a 17% reduction from baseline for Latin American in 2030. The policy baseline scenario reductions are then compared against the reductions in the globally economically-efficient scenarios considered in previous sections.

For Latin America as a whole, the national policies produce emissions in 2030 that are generally consistent with reductions associated with 450 ppmv CO<sub>2</sub> emission goals from the CLIMACAP–LAMP scenarios. Argentina's policy baseline is consistent with emissions in the 550 ppmv CLIMACAP–LAMP scenarios for one of the two models (GCAM), yet remains above the 650 ppmv range for the other model (TIAM-ECN). On average, Brazil's policy baseline exhibits small emission reduction from baseline. The results are inconclusive as to whether these emission levels are consistent with a particular concentration target. Brazil's 2030 policy baseline emissions stretch from above the 650 ppmv range sketched out by the CLIMACAP–LAMP models to within the upper part of the 450 ppmv range. Under Colombia's policy baseline, two of the three models produce 2030 emissions that are consistent with the 450 ppmv range from the CLIMACAP–LAMP models and the third model is near the upper end of that range. Unsurprisingly Mexico's aggressive policy baseline brings emissions from all models included in the analysis to within or below the 450 ppmv range.

### **Concluding thoughts**

As with every region or country, Latin America has unique and important characteristics that influence its abatement potential. These include its development status, the heavy use of hydropower in some countries, and the importance of non-CO<sub>2</sub> emissions and land use change CO<sub>2</sub> emissions in some Latin American countries.

The research, based on scenarios generated in this study as well as those from previous studies, indicates that it would be economically efficient for Latin America to undertake less abatement of fossil fuel and industrial CO<sub>2</sub> emissions and non- CO<sub>2</sub> emissions relative to 2010 levels than



the rest of the world. One implication is that if a global reduction of 50% relative to 2010 is consistent with limiting temperature change to less than 2 °C, then the economically-efficient Latin American reductions would be less than 50% relative to 2010 levels. In large part, this result derives from a common assumption across models that Latin American emissions will grow more rapidly than those of the world as a whole. Given the uncertainty inherent in long-term emission projections, it is therefore important to view these results with some caution.

This study also analyzed the role that recently enacted and proposed policies may play in achieving long-term climate targets. Looking only at fossil fuel and industrial emissions out to 2030, the results indicate that such policies in Argentina, Colombia, and Mexico would limit the growth in emissions to roughly 17% above 2010 levels by 2030 compared to projected increases of over 40% over the same period without the policies.

This study has identified some important limitations in the ability of integrated models to inform policy discussions. Some of these are: (1) although formal models can help to inform our understanding of the economics of abatement, every study of abatement relative to a particular base year is heavily confounded by baseline scenario assumptions. Accordingly, every commitment or goal to reduce emissions relative to a particular year is subject to this same baseline uncertainty; (2) formal models continue to provide an extremely large range of estimates of economic costs for abatement, often differing by orders of magnitude or more. Future research is needed to help users of information to understand the reasons for these differences; (3) although several models now include quite sophisticated models of land and land use change, there remain core issues about how to treat land use within national policy-making and international negotiations that lead to very different results from models. This is particularly important for future assessments of abatement potential in Latin America. Future research is needed into the modeling of land use policy approaches and their integration into the broader modeling of climate policy; (4) there is a need to apply formal models to explore the implications of emerging policy commitments and proposals. However, doing so raises difficulties associated with understanding current and proposed policies in all their complexity and then implementing

these policies in formal models. There is no easy solution for this challenge other than to keep the modeling community interacting with the policy-making community.

## IMPUESTOS AMBIENTALES DIFERENCIADOS ESPACIALMENTE EN COLOMBIA: UN MODELO TEÓRICO DE EQUILIBRIO GENERAL CON CAPITAL NATURAL<sup>1</sup>

---

CARLOS ANDRÉS VASCO CORREA<sup>2</sup>

MSc. en Economía

Docente

Universidad de Antioquia, Instituto Tecnológico Metropolitano

### Coautores

David Tobón Orozco<sup>3</sup> y Harvey Vargas Cano<sup>4</sup>



Se analizan las consecuencias de impuestos ambientales que diferencian espacialmente a contaminadores ubicados sobre una cuenca hidrográfica. Se construye un modelo de equilibrio general con capital natural como insumo y restricción a la actividad económica. Se encuentran mejoras en el bienestar social al aplicar impuestos diferenciados espacialmente, y se elaboran recomendaciones para la construcción y aplicación de impuestos separando las cuencas por tramos. Finalmente, se debate sobre la normatividad ambiental colombiana sobre control de vertimientos en cuerpos de agua, señalando que más que modificar la regulación actual basta con llevar esta legislación a un nivel de “hacer cumplir” más estricto.

**Palabras clave:** Modelos de equilibrio general, externalidades, impuestos diferenciados espacialmente, polución en el agua.

**Clasificación JEL:** D58, D62, Q53, Q25

---

<sup>1</sup>Este documento obtuvo el apoyo de Colciencias y la Universidad de Antioquia y hace parte de los resultados de investigación del proyecto “Efectos Económicos y ambientales de los usos del suelo: bases para una política ambiental de incentivos en sistemas productivos agroindustriales”.

<sup>2</sup>Professor in the Economics Department and junior Colciencias researcher with the Applied Microeconomics Group, Universidad de Antioquia. Docente Instituto Tecnológico Metropolitano —ITM—. Email: carlos.vasco@udea.edu.co

<sup>3</sup>Full professor in the Economics Department at Universidad de Antioquia and Coordinator of the Applied Microeconomics Group. Email: david.tobon@udea.edu.co

<sup>4</sup>Professor in the Mathematics Institute at Universidad de Antioquia, and research assistant in the Applied Microeconomics Group, email: harvey.vargas@udea.edu.co

## Introducción

Este trabajo está motivado por la preocupación sobre la sostenibilidad en la provisión del servicio de agua potable en las ciudades colombianas y en especial de Medellín y su Área Metropolitana, segunda aglomeración en importancia en Colombia, los cuales tienen como principal reserva para la provisión de este servicio la cuenca de Río Grande, donde existe una producción creciente de alimentos y productos lácteos (Expedición Antioquia, 2012). Estas actividades vierten sus residuos en los cuerpos de agua que surten la represa que alimenta el sistema de acueducto de Medellín (ver Figura A1). Para 2014 se presentó un fenómeno de coloración de la represa La Fe, anteriormente la principal fuente de captación y represamiento del acueducto ubicada al oriente de la ciudad, pero la empresa prestadora del servicio de acueducto Empresas Públicas de Medellín advirtió que no se vería afectada la calidad del agua que surte a la ciudad (El Colombiano, 2014a, 2014b). Sin embargo, este tipo de fenómenos se explican por vertimientos de grandes cantidades de fertilizantes usados por sectores agrícolas aledaños a la represa, que le llevan a situaciones eutróficas facilitando el crecimiento de algas que reducen el oxígeno disponible y hacen vulnerable a las ciudades en el suministro de agua (El Espectador, 2014; Téllez-Oliveros, 2014). Adicionalmente, hay un fenómeno creciente de expansión urbana e industrial que afecta las fuentes que abastecen La Fe. En EEUU un fenómeno similar pero en mayores proporciones llevó a la suspensión del servicio de agua potable en todo el Estado de Ohio en 2014, por la imposibilidad técnica de limpiar las toxinas que estas algas liberan (AccuWeather, 2014; Circle of Blue, 2014; NYTimes, 2014; Usa Today, 2014).

La política ambiental en Colombia se soporta en la Ley 99 de 1993 principalmente, que considera mecanismos económicos y normas de comando y control —CAC— para gestionar los vertimientos directos e indirectos sobre los cuerpos de agua, e incluyen planes de ordenamiento territorial, planes de ordenamientos y manejo ambiental de cuencas hidrográficas —POMCAS—, delimitación de áreas de páramos y normas de vertimientos (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015). También se cuenta con un instrumento económico denominado tasa retributiva, el cual se asemeja a un impuesto a la contaminación, al obligar al pago por cada unidad de contaminación que se vierte sobre los cuerpos de agua en función de unos parámetros físico químicos como la Demanda Bioquímica de Oxígeno —DBO5— y los sólidos suspendidos. Sin embargo, el grado de aplicación y efectividad de esta política es cuestionado por algunas

autoridades colombianas (Contraloría General de la República, 2014). También hay iniciativas voluntarias público-privadas de esquemas de pago por servicios ambientales recientes que buscan darle manejo al problema desde una perspectiva de sostenibilidad y responsabilidad social empresarial, llamados Cuenca Verde y BancoCO2 en las cuencas de Rio Grande y La Fe (BanCO2, 2015; Corporacion Cuenca Verde, 2015).

En la literatura microeconómica abundan modelos de equilibrio parcial que no permiten analizar todos los pormenores del efecto de una política económica y los mecanismos de transmisión y ajuste dinámicos propios de la economía. En estos modelos se estudia sólo la efectividad de instrumentos como impuestos y subsidios, y más recientemente las implicaciones distributivas sobre el nivel de uso y remuneración de factores de producción, así como el impacto en las finanzas del Estado al modificar una estructura fiscal que castiga los agentes contaminadores y les incentiva a invertir en tecnologías de abatimiento de la contaminación. También se está avanzando en el uso de híbridos y en considerar las fallas de mercado con ocurrencia simultánea (BenNer & Stavins, 2007; Fankhauser, Hepburn, & Park, 2010; Goulder & Parry, 2008).

Para analizar teóricamente la efectividad de la política ambiental hídrica colombiana se plantea la metodología de modelos de equilibrio general —MEG— lo cual permite formalizar los efectos de las externalidades ambientales sobre una asignación de mercado, comprender las diferentes interacciones entre agentes y analizar los alcances en eficiencia y bienestar de distintos escenarios al aplicar instrumentos de política ambiental. Contemplando como restricción que los efectos de estos instrumentos de política deben estudiarse o modelarse de manera simultánea a las actividades de producción y consumo.

El MEG que se propone incorpora las restricciones de la naturaleza al desenvolvimiento económico bajo el concepto de *capital natural* (Tobón-Orozco & Vasco-Correa, 2011), el cual sirve como provisión de insumos y bienes pero también como restricción de las actividades, todo lo anterior reconociendo la localización de las firmas en la cuenca. Se estudiará cuáles son los impuestos óptimos que deben aplicarse en una cuenca de tal forma que se garantice la sostenibilidad de la provisión del agua potable. Véanse los trabajos de (Böcher, 2012; Ren, Fullerton, & Braden, 2011; Tobón Orozco, Vasco Correa, & Gómez Olivo, 2010), quienes

consideran interacciones sectoriales en MEG, distintas políticas ambientales y la configuración tecnológica tanto para la producción como la mitigación de la externalidad.

El modelo propuesto al contemplar la aplicación de políticas ambientales en función de la ubicación espacial permite observar en qué medida la aplicación de un impuesto no localizacional es mejor alternativa que una propuesta de impuesto que si la considere, partiendo de la premisa que no sólo quien contamina paga, sino que quien contamina aguas arriba está siendo un mayor afectador que quien contamina aguas abajo en igual magnitud (Véase Hochman, Pines, & Zilberman, 1977 para una distinta interpretación).

Respecto de las aplicaciones de MEG para Colombia alrededor del recurso hídrico y otros usos la investigación arrojó que son variadas y se centran en: análisis de políticas fiscales, políticas comerciales o del cómo modelar la apertura de mercados y sus consecuencias sobre la eficiencia y bienestar de la economía; políticas migratorias y movimientos poblacionales internacionales, urbanos y regionales; políticas agrarias y seguridad alimentaria; análisis ambiental mediante MEG que introducen restricciones ambientales (véase la [referencia](#)).

### **Modelo de equilibrio general propuesto**

Este modelo permite simular el funcionamiento de un sistema de producción agroindustrial que genera externalidades ambientales negativas sobre otros sectores poco contaminadores (limpios en el margen), y contemplando su ubicación espacial en la cuenca (alta, media o baja)<sup>5</sup>. También se incluyen como agentes los asentamientos poblacionales (consumidores) y un proveedor de agua potable, que utiliza un stock de capital natural como insumo, el cual se ve afectado también por la externalidad. Se muestra cómo el empleo de *Spatially Differentiated Taxes* permite regular la polución agregada y los efectos sobre el bienestar social. Se espera que este MEG sea un punto de partida teórico, robusto y parsimonioso que permita luego incorporar características propias del mundo real en una cuenca similar a la caracterizada en este trabajo y abrirlo y relacionarlo con otras regiones rurales y urbanas.

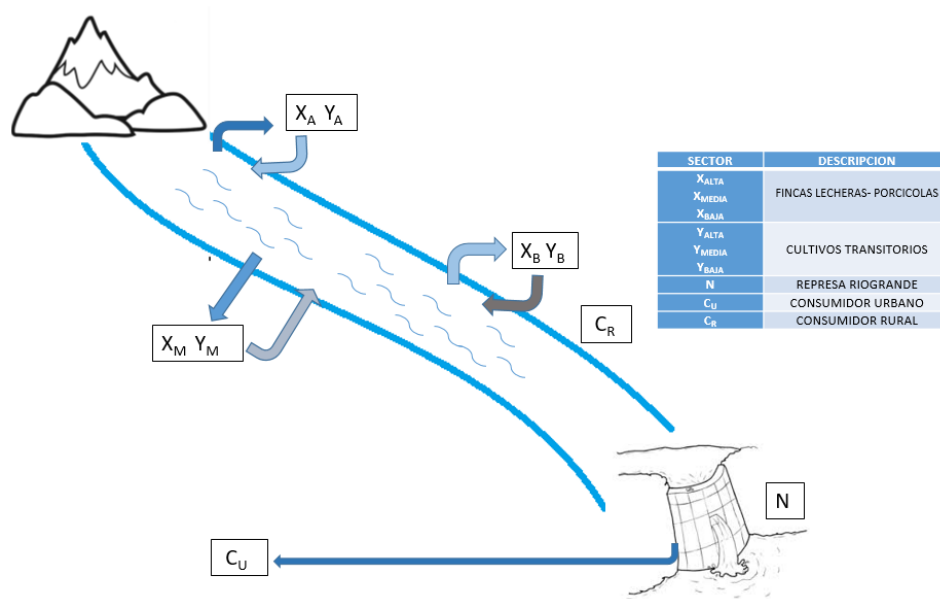
---

<sup>5</sup>Una cuenca se conforma de tres partes: Cuenca alta, que corresponde a la zona donde nace el río, el cual se desplaza por una gran pendiente; Cuenca media, la parte de la cuenca en la cual hay un equilibrio entre el material sólido que llega con la corriente y el material que sale. Visiblemente no hay erosión. Cuenca baja, la parte de la cuenca en la cual el material extraído de la parte alta se sedimenta.

## Configuración de la economía

Esta economía se compone de unos consumidores rural y urbano. Y hay tres tipos de firmas que transforman insumos provistos de forma endógena al modelo<sup>6</sup>, maximizan beneficios y están sujetas a rendimientos marginales decrecientes. El modelo se complementa asumiendo la ubicación espacial de cada agente sobre la cuenca del río (Figura 1), y contemplando los tipos de ubicación en la cuenca mencionados (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.). Sin embargo, no se utilizan tecnologías de abatimiento de la contaminación que permitan reducir el pago de impuestos limpiando los vertimientos.

**Figura 1. UBICACIÓN DE LOS AGENTES EN LA CUENCA**



*Fuente: Elaboración propia*

Los consumidores obtienen utilidad de los bienes X, Y y N, además del efecto negativo que X le genera a los rurales por cada unidad producida debido a su ubicación en la cuenca.

$$\begin{aligned}
 U_U &= U(X_{Cu}, Y_{Cu}, N_{Cu}, -\gamma_U X) \\
 U_R &= U(X_{Ru}, Y_{Ru}, N_{Ru})
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

<sup>6</sup>A excepción del stock de capital natural A, predeterminado exógenamente.

Las firmas tipo **X** y **Y** vierten contaminación sobre los demás agentes aguas abajo, pero se asume las **X** más sucias que las **Y**, puesto que la contaminación de estas últimas se realiza en mucha menor intensidad y puede ser asimilada por el capital natural (se diluye en las fuentes hídricas) en gran parte antes de afectar a los consumidores y las firmas tipo **N**.

Una firma tipo **X** trasforma el insumo producido por la firma **Y**. Se ubica en la parte alta, media y baja de la cuenca.

$$\begin{aligned}
 X_A &= X_A(Y_{X_a}) \\
 X_m &= X_m(Y_{X_m}, -\delta_m X_A, -\rho_m Y_a) \\
 X_b &= X_b(Y_{X_b}, -\delta_{bm} X_m, -\delta_{ba} X_a, -\rho_{bm} Y_m, -\rho_{ba} Y_a)
 \end{aligned} \tag{5}$$

Estas funciones dan cuenta de un daño acumulado en las firmas ubicadas en la parte media y baja de la cuenca.<sup>7</sup>

Las firmas **Y** utilizan como insumos **X** y **N**. Aquellas ubicadas en las cuencas media y baja se ven afectadas intersectorialmente con las firmas tipo **X** e intrasectorialmente por las firmas tipo **Y**.

$$\begin{aligned}
 Y_A &= Y_A(X_{Y_A}, N_Y) \\
 Y_M &= Y_M(X_{Y_M}, N_Y, -\rho_m Y_a, -\delta_m X_a) \\
 Y_B &= Y_B(X_{Y_B}, N_Y, -\rho_{bm} Y_m, -\rho_{ba} Y_a, -\delta_{bm} X_m, -\delta_{ba} X_a)
 \end{aligned} \tag{6}$$

La firma **N** utiliza la dotación de capital natural **A**, así como insumos provistos por **Y** para producir un servicio de utilidad pública que será consumido por las mismas firmas tipo **Y** y los consumidores, y resulta afectada por la producción de las firmas tipo **X** en una proporción  $\Omega$  por unidad producida.

$$N = N(A, (Y_{N_A} + Y_{N_M} + Y_{N_B}), (\Omega (X_A, X_M, X_B))) \tag{7}$$

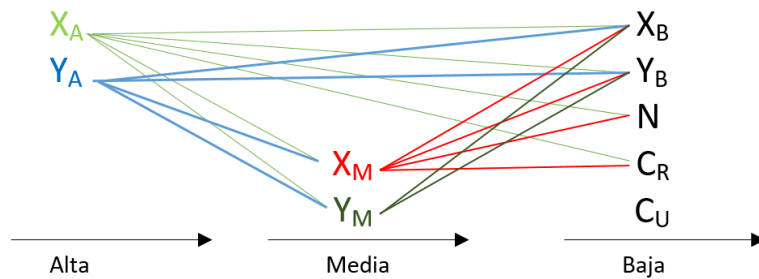
---

<sup>7</sup>La decisión de localización de una firma obedece a varios factores como acceso a mercados de insumos, cercanía con la demanda, sistemas de transporte, e incluso una decisión netamente subjetiva. En este trabajo se considera en principio que los impuestos ambientales no inciden en la decisión de localización, dado el carácter estático del modelo.



Se asume que las firmas tipo Y emiten polución sobre las fuentes de agua de tal manera que la carga ambiental es absorbida por la naturaleza en su totalidad, y que tampoco se afectan a los consumidores. En la Figura 2 se plasma una representación de la afectación inter e intrasectorial dependiendo de la ubicación espacial en la cuenca.

**Figura 2. REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE EXTERNALIDADES INTER E INTRASECTORIALES EN LA CUENCA**

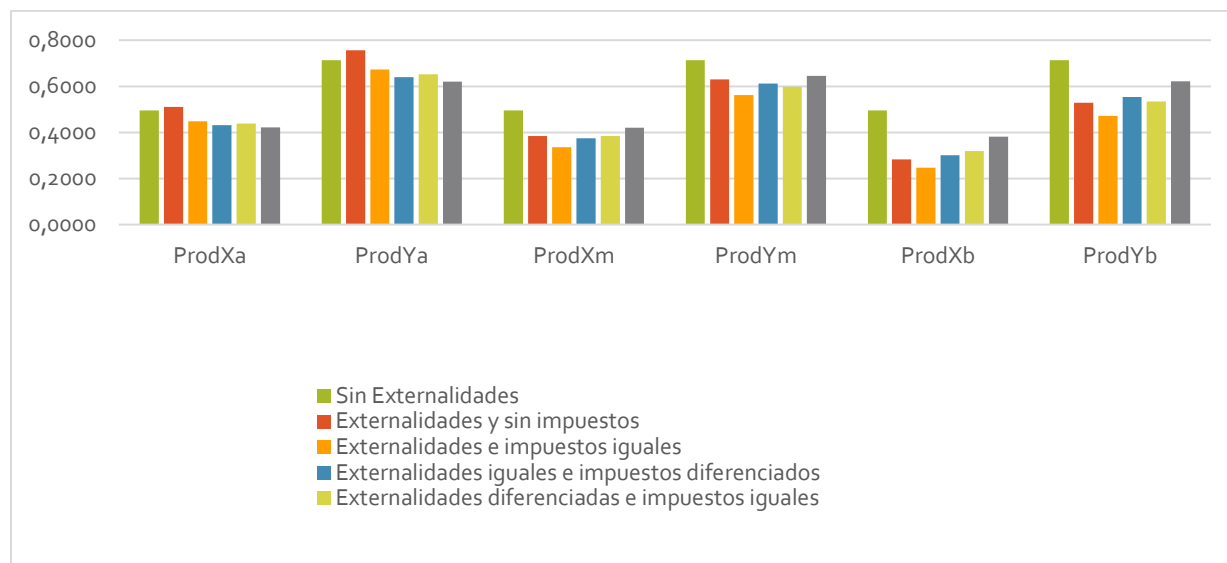


*Fuente: Elaboración propia*

### **Resultados y análisis de sensibilidad**

Son objeto de estudio seis escenarios de equilibrio de mercado: sin externalidades, externalidades y sin impuestos, externalidades e impuestos iguales, externalidades iguales e impuestos diferenciados espacialmente; externalidades diferenciadas e impuestos iguales; externalidades e impuestos diferenciados. Los escenarios con externalidades e impuestos diferenciados se caracterizan por daños mayores y pagos más altos para las firmas ubicadas en la parte alta de la cuenca.

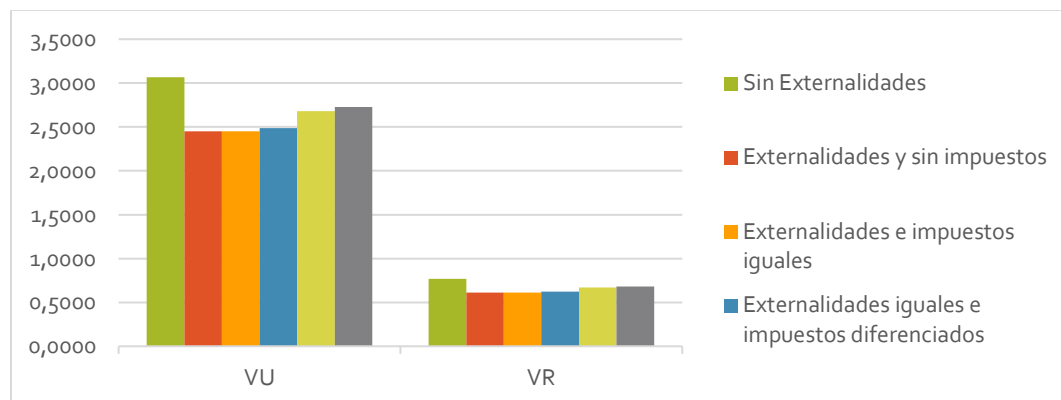
**Figura 3. ESCENARIOS NIVELES DE PRODUCCIÓN**



*Fuente: Elaboración propia*

Respecto de los niveles de producción presentados en las Figura 3 sólo los sectores aguas arriba se favorecen cuando generan externalidades sobre los demás, y estas no son reguladas. Cuando hay externalidades diferenciadas, que es el caso más realista, hay altas mejoras en la producción en comparación con una regulación de impuestos iguales. Tanto cuando hay externalidades iguales como diferenciadas hay mejoras en la producción si los impuestos son diferenciados en función de la localización. Téngase en cuenta que los niveles de Y son más altos en todos los casos pues es el bien utilizado por todos los sectores productivos y consumidores en esta economía.

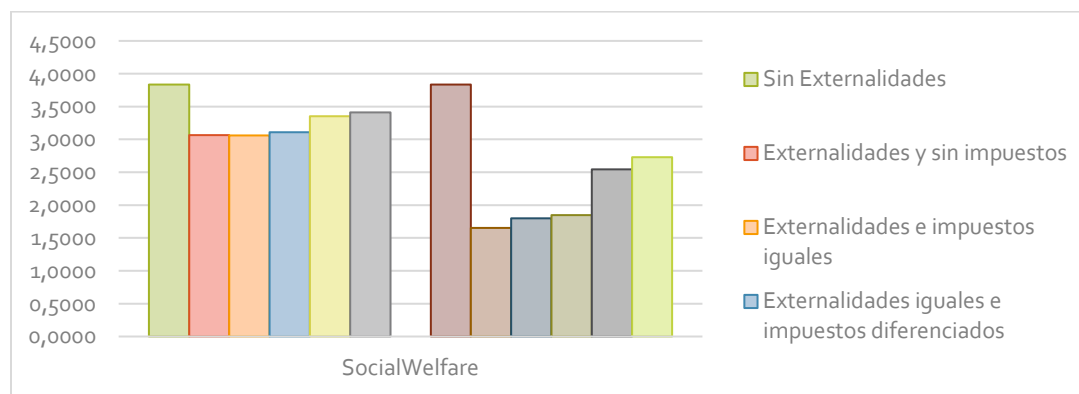
**Figura 4. NIVEL DE UTILIDAD INDIRECTA POR ESCENARIO**



*Fuente: Elaboración propia*

Tal como se muestra en la Figura 4, el bienestar de los consumidores urbano y rural (utilidad indirecta V) se aumenta gracias a los impuestos si se compara con una situación sin regulación. La aplicación de impuestos diferenciados, tanto en el escenario con externalidades iguales como diferenciadas permite obtener un mejor bienestar que bajo un escenario de impuestos iguales. Los urbanos obtienen mayor utilidad indirecta puesto que los rurales sufren de las externalidades y tienen menor participación en los beneficios de las empresas que los urbanos.

**Figura 5. BIENESTAR SOCIAL OBSERVADO BAJO DIFERENTES ESQUEMAS**



*Fuente: Elaboración propia*

El bienestar global, medido como la suma de las utilidades indirectas, obtiene una mejoría con los impuestos diferenciados. Realizando múltiples simulaciones estresando incluso el modelo obtuvimos resultados acordes a lo esperado. Como se muestra en la Figura 5, para el primer escenario el bienestar social pasa de un nivel de 3.0611 a 3.1073, resultado que es mejor si se considera un escenario con externalidades diferenciadas comparando impuestos iguales y diferenciados. Si bien este cambio en el bienestar es bajo en magnitud, considérese la gran variación en la distribución del nivel de producción y beneficios en función de la ubicación espacial. En el escenario de estrés del modelo el resultado de la simulación indica que se pasa de 1.7981 a 1.8492, cambio que en magnitud es mucho más alto que el escenario inicial. De este modo se valida la hipótesis que se quería contrastar en esta investigación y es que tanto bajo externalidades iguales o diferenciadas el mecanismo de diferenciación de impuestos logra un mejor bienestar social.

## **Conclusiones y observaciones**

La provisión de agua potable en ciudades que dependen geográficamente de una cuenca hidrográfica, puede verse comprometida mediante vertimientos directos o no directos vía escorrentía por parte de actividades agroindustriales, si no operan correctamente los instrumentos económicos. Un MEG es una buena herramienta para estudiar un problema como éste y arrojar señales sobre cuáles pueden ser las políticas económicas óptimas, aunque debe ser claro que estos modelos poseen limitaciones en cuanto a su armonía estadística, así como falta de información que los alimenten y que se trata de un modelo que segmenta los agentes por ubicación espacial sin entrar al detalle de un modelo de asignación de uso del suelo a escala de parcela, además la investigación está orientada como un MEG regional, que en futuros trabajos debe incorporar intercambio entre regiones.

Mediante el modelo desarrollado se valida la literatura sobre impuestos diferenciados y la hipótesis respecto de las implicaciones positivas sobre el bienestar social, siempre y cuando se aplique a una estructura de diferenciación espacial si se compara con impuestos homogéneos. Además, se obtienen incrementos en los beneficios de algunos sectores industriales, en especial los ubicados en la parte baja de la cuenca.

Se halló respuesta sobre hasta donde la tasa retributiva colombiana se aproxima al costo social, al contemplar ésta una tarifa mínima o costo de descontaminación, la cual considera la ubicación espacial en la cuenca, y permita en efecto observar mejoras en el bienestar social. Sin embargo, en la práctica las autoridades reguladoras no se sienten incentivadas utilizar este instrumento porque se aleja de sus prioridades al encontrarse con otras fuentes de financiamiento que no demandan gran cantidad de información y gestión. Además, las tasas retributivas solo se aplican a los vertimientos directos en cuerpos de agua. Por tanto, se deberían hacer esfuerzos regulatorios y técnicos como, por ejemplo, trasladar los costos de aplicar la regulación a quienes contaminan para que estén más incentivados a cumplirla, cobrar las tasas independientemente de dónde se hagan los vertimientos, incluir factores regionales diferenciados por tramos, y hacer la remuneración de los reguladores sujeta al cumplimiento de sus funciones.

Es de anotar también que se observa un estancamiento en el desarrollo de la tasa retributiva, la cual tiene en cuenta sólo dos de los nueve parámetros que se reconoce como prioritarios, y cuyos

valores a pagar por unidad de vertimiento se actualizan usando un índice de precios al consumidor y no incorporando estudios sobre el valor del daño marginal que estos vertimientos representan, el cual puede afectar la provisión de un servicio como el de agua potable. Medellín y su Área Metropolitana tienen comprometida la sostenibilidad de la provisión de agua potable de la zona de la represa donde proviene el agua (RioGrande), que desde su construcción a mediados del siglo XX se ha observado modificaciones en el uso de la tierra cada vez más afectadoras: migración de coberturas de bosque primario o plantado a coberturas vegetales de pastos y cultivos transitorios; explotación pesquera; vertimiento de aguas residuales y residuos agroindustriales debido al uso de agroquímicos en la ganadería bovina y porcícola; vertimiento de residuos industriales y de curtiembre en cuerpos de agua; y baja o nula cobertura de servicios públicos de acueducto, alcantarillado y recolección de basuras (CORANTIOQUIA, 2015).

## Referencias

AccuWeather. (2014). Algae Infects Lake Erie, Forces State of Emergency Due to Toxic Water.

BanCO2. (2015). BancoCO2 :: Servicios Ambientales Comunitarios. Retrieved from <http://www.banco2.com/>

Bennear, L. S., & Stavins, R. N. (2007). Second-best theory and the use of multiple policy instruments. *Environmental and Resource Economics*, 37(1), 111–129.  
<http://doi.org/10.1007/s10640-007-9110-y>

Böcher, M. (2012). A theoretical framework for explaining the choice of instruments in environmental policy. *Forest Policy and Economics*, 16, 14–22.  
<http://doi.org/10.1016/j.forpol.2011.03.012>

Circle of Blue. (2014). Great Lakes Drinking Water Fouled by Toxic Algae. Retrieved from <http://www.circleofblue.org/cpx/great-lakes-algae/great-lakes-drinking-water-fouled-by-toxic-algae/>

Contraloría General de la República. (2014). *Informe del Estado de los Recursos Naturales 2012-2013*.

CORANTIOQUIA. Informe Técnico 110-1504-24662.pdf (2015).

Corporacion Cuenca Verde. (2015). Cuenca Verde, Un legado para el futuro. Retrieved from

<http://www.cuencaverde.org/>

El Colombiano. (2014a). Algas colorean la represa de La Fe. *El Colombiano*. Retrieved from [http://www.elcolombiano.com/historico/algas\\_colorean\\_la\\_represa\\_de\\_la\\_fe-LFEC\\_311974](http://www.elcolombiano.com/historico/algas_colorean_la_represa_de_la_fe-LFEC_311974)

El Colombiano. (2014b). Coloración del agua no genera riesgo. *El Colombiano*, p. 1. Retrieved from [http://www.elcolombiano.com/historico/coloracion\\_del\\_agua\\_no\\_genera\\_riesgo\\_reitera\\_epm-IXEC\\_290796](http://www.elcolombiano.com/historico/coloracion_del_agua_no_genera_riesgo_reitera_epm-IXEC_290796)

El Espectador. (2014). Exceso de fertilizantes en el país afecta economía, ambiente y salud, p. 1. Retrieved from <http://www.elespectador.com/noticias/nacional/exceso-de-fertilizantes-el-pais-afecta-economia-ambient-articulo-470409>

Expedición Antioquia. (2012). *Sistema productivo territorial agroalimentario de la subregión Norte de Antioquia*. Medellín.

Fankhauser, S., Hepburn, C., & Park, J. (2010). Combining Multiple Climate Policy Instruments: How Not To Do It. *Climate Change Economics*, 1(3), 209–225. <http://doi.org/10.1142/S2010007810000169>

Goulder, L. H., & Parry, I. W. H. (2008). Instrument choice in environmental policy. *Review of Environmental Economics and Policy*, 2(2), 152–174. <http://doi.org/10.1093/reep/ren005>

NYTimes. (2014). Behind Toledo's Water Crisis, a Long-Troubled Lake Erie - NYTimes.com.

Ren, X., Fullerton, D., & Braden, J. B. (2011). Optimal taxation of externalities interacting through markets: A theoretical general equilibrium analysis. *Resource and Energy Economics*, 33(3), 496–514. <http://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2010.10.002>

Téllez-Oliveros, V. (2014). Vulnerables por el agua. *ElEspectador*, p. 1. Retrieved from <http://www.elespectador.com/noticias/bogota/vulnerables-el-agua-articulo-488769>

Tobón-Orozco, D., & Vasco-Correa, C. A. (2011). *Un modelo de equilibrio general con externalidades y capital natural*. (CIC, Ed.). Medellín: Universidad de Antioquia, Departamento de Economía. Retrieved from <http://econpapers.repec.org/bookchap/ldebookgm/01.htm>

Tobón Orozco, D., Vasco Correa, C., & Gómez Olivo, B. (2010). Restricción vehicular y regulación ambiental: el programa “Pico y Placa” en Medellín. *Borradores Departamento de Economía. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad de Antioquia*, 0–35.

Usa Today. (2014). Lake Erie algae a threat to Ohio drinking water. *Usa Today*. Retrieved from <http://www.usatoday.com/story/news/nation/2013/10/13/lake-erie-algae-drinking-water/2976273/>

## TECHNOLOGY OF DROUGHT-TOLERANT BEANS.

### A CASE STUDY IN THE SERIES: ECONOMIC FORESIGHT FOR UNDERSTANDING THE ROLE OF INVESTMENTS IN AGRICULTURE FOR THE GLOBAL FOOD SYSTEM

---

CARLOS EDUARDO GONZÁLEZ RODRÍGUEZ

---

MSc. en Economía

Investigador Asociado

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)



#### *Contributors:*

<b><i>Contributor:</i></b>	<b><i>Role</i></b>
<i>Patricia Álvarez, CIAT</i>	Research regarding the mechanisms of tolerance to drought, identification of the varieties, drafting of the text.
<i>Myles Fischer, Consultant</i>	Advice on the development of drought tolerance and its implementation in DSSAT.
<i>Carlos González, CIAT</i>	Economic analysis, production of charts, leadership in drafting the text.
<i>Daniel Mason-D'Croz, IFPRI</i>	Data integration and consulting services for the IMPACT model.
<i>Patricia Moreno, CIAT</i>	Research regarding the mechanisms of tolerance to drought, identification of the varieties.
<i>Ricky Robertson, IFPRI</i>	Development of databases of yields at the global level.
<i>Benjamin Schiek, CIAT</i>	Review of economic analysis, production of graphics, drafting of text.



Steven D. Prager, CIAT<sup>8</sup>

Principal Investigator, study design, analysis of results, drafting of text.

## **Introduction**

In this paper, we apply an integrated suite of ex-ante impact assessment tools to examine the potential role that an improved common bean variety could play in addressing these complex challenges. Existing bean varieties already play a central role in providing proteins, vitamins, minerals and iron for millions of people worldwide (Broughton et al., 2003; Mederos, 2006; Singh & Singh, 1992). In many cases, bean cultivation is also an important source of household income, especially in vulnerable rural communities. In many parts of the world, the importance of beans extends beyond its basic role as a food source, becoming part of the local tradition and culture (Leterme & Munoz, 2002).

Common bean cultivation is particularly prevalent in Latin America, the Caribbean, and Africa. In these regions, beans constitute the most important protein source for over 500 million people (Cortés, Monserrate, Ramirez-Villegas, Madrinán, & Blair, 2013). Beans are typically produced with few inputs on small farms (between 1 and 10 hectares) situated in a diverse range of environmental conditions. Cultivation often occurs on marginal lands, including hillside areas with low fertility, and in conditions of socio-economic vulnerability (Broughton et al., 2003; Pastor & Schwartz, 1994)(CIAT, 1994; Rosas et al., 2000).

## **Common bean research prioritization**

In the early stages of this study, the International Centre for Tropical Agriculture (CIAT) undertook a prioritization of available research options for the common bean. The study covered a range of possible trait improvements, particularly drought tolerance, water efficiency, improved yield, and consumer appeal. At the end of this exercise, the development of drought tolerant varieties of common bean emerged as the top research priority Rodríguez De Luque &

---

<sup>8</sup>Steven D. Prager, Senior Scientist for Integrated Modelling, Decision and Policy Analysis, CIAT s.prager@cgiar.org

Creamer (2014) . In the present study we assess the role such a technology could play in the global food system, and especially its economic impact in the LAC and African regions.

### **Motivating issues behind the proposed technology**

Around 60% of the world's bean-producing regions suffer from drought conditions which can result in production losses of between 10% and 100% (Graham & Ranalli, 1997; J. A. Polanía, Rao, Beebe, & García, 2009). Given climate change, these conditions are expected to worsen in the coming decades, making the development of new drought resistant varieties an urgent priority.

### **Materials and Methods**

#### **General design of the study**

In order to assess the potential role that technology could play in mitigating climate change impacts, we employ an ensemble of linked models which capture changes in crop physiology, climate, and the economic system. The components of this ensemble are described in the following sections. The overall design of the assessment draws upon a three step approach developed by Prager et al. (2015). In the first step, prior to any modeling, the desired characteristics of the new technology are defined. In the second step, a crop simulator is used to model the new technology under climate change scenarios of interest, and results are compared against a no-technology baseline scenario. In the third step, a partial or general equilibrium model is used to model economic impacts.

#### **Technology**

Following Rosegrant et al. (2014), improved resistance to dry periods was simulated as an enhanced capacity to access water in the soil. This was implemented in DSSAT through the modification of two parameters. The Soil Drained Upper Limit (SDUL) indicates the moisture content retained by the soil after it has been saturated and the excess has been drained by the macro-pores. The Lower Limit (SLLL) is the moisture content of the soil at which the plants will

wither and does not recover their turgidity. The improved cultivar's water extraction capacity was increased by 10% through a reduction of the SLLL parameter and an increase in the SDUL parameter in the soil profile, thus simulating enhanced access to the available water.

### **Modelling of yields under historical and future climates**

Future climates were simulated using the average of an ensemble of five climate models (GFDL, HGEM, IPSL, Miro, NORE). Each of these models was run under Representative Carbon Pathway (RCP) 8.5, a sort of worst case scenario in which it is assumed that governments take no measures to mitigate global warming and carbon emissions increase threefold by 2100 (IPCC, 2015; Vuuren et al., 2014). For each map pixel, baseline present yields were estimated by simulating the cultivars under the historical climate over a recent thirty year period (1981-2010) and then taking the average. Future yields were estimated by repeating this process over a future period (2041-2070). By taking the average, we effectively filter out extreme climate events, thereby focusing on climate change and not climate variability. Once present and future yields were calculated in this way for each pixel, they were aggregated up to the Food Production Unit (FPU) level (S Robinson et al., 2015).

### **Economic Modelling**

The economic impacts of the exogenous shocks introduced by the new technology and climate change were explored using the IMPACT model developed at IFPRI (Prager et al., 2015; Sherman Robinson et al., 2015; Rosegrant et al., 2014; Rosegrant & Cline, 2003). IMPACT accounts for the international trade of more than sixty crops and related goods, and uses a partial equilibrium model to represent commercial interactions across the global market. The IMPACT model also takes into account a set of factors and assumptions that influence the general trajectory of the global economic system such as population growth and income distribution in the food policy units. IMPACT implements these assumptions in the form of "shared socioeconomic pathway" (SSP) parameterizations which characterize and quantify the user-defined socioeconomic narrative (O'Neill et al., 2014). For this study, we used the SSP2 parameterization, a conservative scenario that is typically considered "business-as-usual" (Vuuren et al., 2014).

Finally, IMPACT determines new technology adoption rates within each FPU assuming that the producers are rational in their choice of this agricultural innovation. The assumption, within the model, is that producers use the potential improvement as an element to aid in decision-making and that the technology would spread starting in the year 2020 and reaching a ceiling for a 30% adoption rate, across the area sown, by the year 2040.

In a first run of the models we compare the new technology to the baseline in the absence of climate change. This gives us a basic concept of the impact of the new technology based on purely biophysical considerations. Then we run the comparison given climate change in order to draw out the potential damage mitigating aspects of the new variety. These model runs are summarized in

Table 1.

Table 1: Impact scenarios

	<b>Baseline technology</b>	<b>New technology</b>
No climate change	Scenario that assumes no climate change and no release of the new technology  Code: NoCCNoTech	Scenario that assumes no climate change and release of the new technology  Code: NoCCTech
Climate change	Scenario that assumes climate change and no release of the new technology  Code: CCNoTech	Scenario that assumes climate change and release of the new technology  Code: CCTech

**Results**

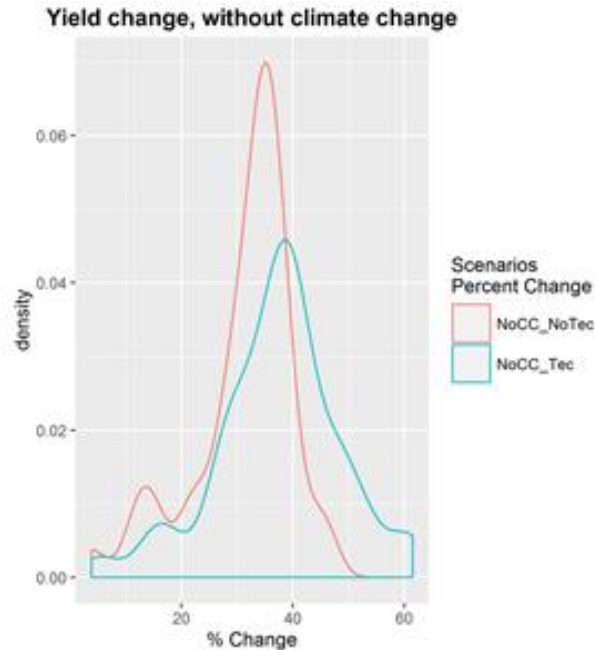
**Yield simulation output**

When comparing the baseline yields simulated by the crop model to FAO data from the same time period we find that the two disagree by 50%-350%. More concerning is that the disagreement is heteroscedastic and appears to be correlated with the number of pixels contained within each country. Several months of dialogue among the contributing modelers was unable to clarify the issue. Much of the discrepancy may be rooted in problems with the FAO bean data, which conflates several types of bean together with common bean. However, this would not explain the heteroscedasticity and the observed correlation with the number of pixels per country. That said, we were able to verify that our models were internally consistent and generated plausible outputs.

### **Economic IMPACT simulation**

#### **Technology without climate change**

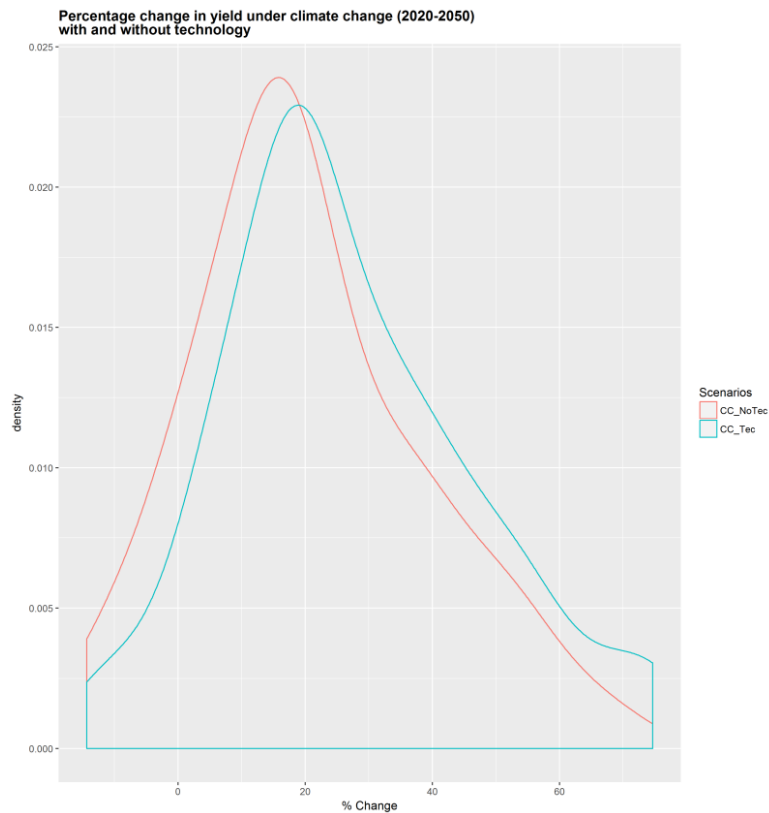
Holding climate constant, the models suggest that over the period 2020-2050 baseline variety yields can be expected to increase by an average of 33%. Over the same period, the yields of the drought tolerant bean variety can be expected to increase by an average of 36%. In the absence of climate change, then, release of the drought tolerant technology results in a 3% yield advantage over the baseline variety, corroborating our expectations on a purely biophysical basis (Graph 1).



**Graph 1: IMPACTS, WITH AND WITHOUT TECHNOLOGY, ON PRODUCTION, AREA AND PERFORMANCE WITHOUT CLIMATE CHANGE FOR THE PERIOD 2020 TO 2050.**

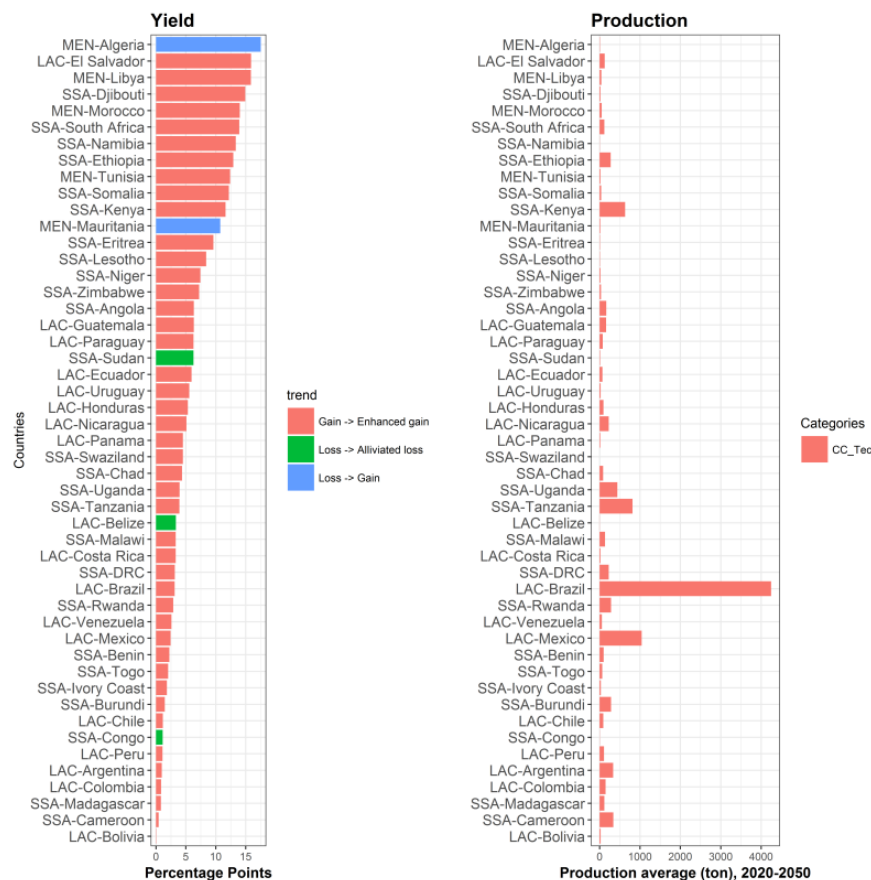
### **Technology under climate change: Overview**

When the impact of climate change on biophysical factors is taken into account, the average percentage change in yield over 2020-2050 is reduced to 20% and 26% for baseline and drought tolerant varieties, respectively. The mean advantage of adopting the drought tolerant variety—or yield technology differential—in the real world of climate change thus widens to 6%. Comparing the histograms in Graphs 1 and 2, it is evident that the higher order moments of the yield technology differential remain roughly the same under both the climate change and control scenarios. The area and production technology differentials are -1.5% and 6.3%, respectively. Disaggregated by region, the mean yield and production technology differentials are higher in Africa than in the LAC region; and the area technology differential is less negative in Africa than in LAC. Net trade differentials are concentrated around zero, but with extremely high variance since a few countries experience drastic shifts in bean trade volumes when the technology is made available. The technology differential for food security variables is generally beneficial, and considerably more so in Africa than in LAC.



**Graph2: DENSITY PLOT OF THE DIFFERENCE IN THE PERCENTAGE CHANGE IN YIELD OVER 2020-2050 UNDER CLIMATE CHANGE WITH AND WITHOUT TECHNOLOGY.**

In the bar chart in Graph 3, we examine climate change mitigating effects of the new technology relative to the baseline varieties in each country. Generally speaking, North African countries exhibit the greatest yield differential resulting from technology, followed by SSA countries and LAC countries. Note that, for most countries, release and uptake of the technology enhances yield gains, while for a few at the bottom of the distribution the new technology alleviates yield losses; and for two countries, Algeria and Mauritania, adoption of the technology makes the difference between yield loss and yield gain.



**Graph 3: COUNTRY LEVEL DIFFERENCE IN THE PERCENTAGE CHANGE IN YIELD UNDER CLIMATE CHANGE OVER 2020-2050 WITH AND WITHOUT TECHNOLOGY. THE AVERAGE OF PRODUCTION OVER THE YEARS 2020, 2030, 2040, AND 2050 IS INCLUDED FOR CONTEXT. A LARGE YIELD DIFFERENTIAL RESULTING FROM TECHNOLOGY DOES NOT NECESSARILY TRANSLATE INTO LARGE PRODUCTION VOLUMES.**

## Discussion

In all countries within the geographical focus of this study, release of the drought resistant bean technology unambiguously mitigates climate change yield losses that would otherwise occur using the baseline varieties. However the implications of a positive yield technology differential



in terms of area and production are not so straightforward. In North African countries, the area and production technology differentials are both positive and high. In some Sub-Saharan African countries, the area and production differentials are both moderately positive, while in others they are both negative. In most of the LAC countries, area technology differentials are negative but production technology differentials are positive. Implications for the food security technology differentials are even more ambiguous. Many of the countries in which the food security technology differentials are highest are also those where the yield, area, and production technology differentials are lowest. It is common for climate change adaptation planners to pursue technology interventions with the vague aim of generating a positive yield technology differential. Results such as those above strongly suggest that we take greater care in defining what it is exactly we hope to achieve through the proposed intervention. Are we interested in impacts on food security indicators? More efficient land use? Position in the international market? A positive yield technology differential does not guarantee a positive impact in any of these areas, and may even go hand in hand with a negative impact. Much of the value of integrated modeling foresight exercises such as the one pursued in this report thus lies not in the answers it provides, but in the questions it helps us to ask, thereby refining and bringing greater maturity to our vision.

## **Conclusion**

In this report we have applied an integrated modeling technique to assess, ex-ante, the potential climate change mitigating effects of a new drought resistant bean variety, with a specific geographic focus on Africa and the LAC region. The results of this exercise must be interpreted with a degree of humility since we were unable to validate the crop model output for baseline varieties against FAO data. Overall, we find a mean positive yield technology differential of 6%, a negative area differential of -1.5%, and a positive production technology differential of 6.3%. Release of the new technology is projected to result in drastic shifts in bean trade volumes for a handful of countries, most notably El Salvador and Burundi, but otherwise has little influence on net trade. Technology differentials for food security variables are beneficial and considerably more pronounced in Africa than in LAC. Positive yield technology differentials do not necessarily go hand in hand with positive area, production, and food security technology

differentials; and in some cases appear to be inversely related. Climate change policy makers and planners at the country level must thus think carefully about what they want to achieve beyond yield impacts when designing climate change mitigating technology interventions.

CÉSAR MANTILLA

---

PhD. en Economía

Docente

Universidad del Rosario

Coautores

Astrid Hopfensitz y Josepa Miquel-Florensa<sup>9</sup>



Las tecnologías están cambiando el funcionamiento de los mercados de pesca. Por ser un bien perecedero, mejor información vía mensajes de texto incrementa la eficiencia del mercado de pescado en países en desarrollo (Jensen 2007) y las plataformas de intercambio permiten acortar la cadena de valor y así mejorar la calidad para el consumidor final del pescado (Brinson et al., 2011). Un ejemplo exitoso de dichas plataformas de intercambio son las *Community Supported Fisheries*, que permite a los socios-consumidores pagar por adelantado una membresía anual y a cambio reciben periódicamente una fracción de la pesca obtenida. Este pago fijo permite a los socios-pescadores trasladar parte del riesgo de su actividad a los socios-consumidores. A cambio de esta transferencia de riesgo, los pescadores se comprometen a desarrollar una pesca más sostenible.

La pregunta a la que intenta contribuir este trabajo es cómo promover este tipo de relaciones contractuales basadas en relaciones (*relationship-based contracts*) desde la política pública en un país en desarrollo. Uno de los principales desafíos de establecer modelos como las *Community Supported Fisheries* en un país en desarrollo es que la proporción de pesca de pequeña escala es mucho más significativa y los pescadores están más “atomizados”, por lo que la focalización de este tipo de políticas es más complejo. En específico, en este trabajo exploramos si la motivación intrínseca hacia el manejo de los recursos comunes puede ser un instrumento de focalización

---

<sup>9</sup>Institute for Advanced Study in Toulouse, Universidad del Rosario, Toulouse School of Economics

adecuado entre comunidades de pescadores artesanales, y en qué tipo de comunidades podría priorizarse su implementación. Los incentivos de la *Community Supported Fishery* los simplificamos a un juego de Cournot en el que el precio por unidad es más alto entre menores sean las cantidades extraídas del recurso, pero se mantienen los incentivos individuales a sobre-explotar el recurso. A este tipo de pago lo llamamos un contrato condicional.

Considere dos tipos opuestos de comunidades: una que bajo las actuales instituciones de mercado, el *status quo*, posee un buen manejo de los recursos; y otra comunidad que con las actuales instituciones de mercado posee niveles de recurso por debajo de la sostenibilidad de mediano y largo plazo. No es trivial entender cómo reaccionarán los pescadores de estas dos comunidades a la introducción de un contrato condicional, en el que el precio por captura es más alto entre menor sea la captura total de la comunidad de pescadores en un periodo determinado de tiempo. Una posibilidad es que la comunidad con mejor manejo de los recursos pueda “extrapolar” su capacidad de acción colectiva, y logre capitalizar las ganancias adicionales de un mercado que recompensa -vía precios- cualquier intento adicional de sostenibilidad. Bajo esta hipótesis se esperaría que la comunidad con peor manejo de los recursos no logre utilizar el contrato condicional para coordinar en una menor explotación pesquera y este tipo de contratos deban focalizarse en comunidades con buen manejo de los recursos comunes. El escenario opuesto parte del supuesto que la capacidad de acción colectiva no reacciona a los incentivos materiales del contrato condicional. En otras palabras, la motivación intrínseca limita la capacidad de respuesta a incentivos monetarios adicionales –posiblemente a través de normas sociales. Si éste es el caso, uno esperaría que en la comunidad con un pobre manejo de los recursos exista una mayor motivación extrínseca que intrínseca, por lo que los contratos condicionales serán más propicios para comunidades con un pobre manejo del recurso en ausencia de este tipo de incentivos monetarios.

Para este trabajo diseñamos un nuevo experimento de recursos de uso común cuya implementación en campo es sencilla de entender en campo. Los participantes escogen las unidades de esfuerzo pesquero, y cada unidad de esfuerzo pesquero les garantiza el lanzamiento de un dado que determina su extracción. Bajo el contrato condicional los participantes reciben

una lista de precios por unidad capturada. Esta lista de precios muestra que el pago por unidad es más alto entre menor sea la captura total, y también garantiza que ningún pescador pueda desviarse unilateralmente de una estrategia simétrica para aumentar el precio por sí solo. Comparamos este contrato condicional con una línea base en que todos los pescadores reciben el mismo precio fijo por unidad capturada, independientemente de la captura total del grupo.

Para probar la hipótesis de los efectos diferenciales entre comunidades de pescadores con manejo sostenible e insostenible de los recursos pesqueros, y cuyas diferencias puedan ser parcialmente atribuidas a la importancia relativa de la motivación intrínseca respecto a la motivación extrínseca, el experimento fue ejecutado con dos comunidades de pescadores en la Isla de Barú: una comunidad situada al interior del área marina protegida (AMP), y una comunidad situada afuera de dicha área. La comunidad adentro del AMP tiene un mejor manejo de los recursos y se encuentra menos conectada a mercados que la comunidad afuera del AMP.

Con el experimento encontramos que en la línea base, con un precio fijo en vez del contrato condicional, los niveles de eficiencia son 17% en la comunidad afuera del AMP y 40% adentro del AMP. Una vez se introduce el contrato condicional, la eficiencia en la comunidad afuera del AMP se incrementa hasta el 53% y en la comunidad adentro del AMP hasta el 49%. Este resultado, a favor de la hipótesis en que las motivaciones intrínsecas y el contrato condicional no son buenos complementos, también se refleja en la duración total del recurso (23% más alta afuera del AMP; no hay efecto adentro del AMP) y la captura a lo largo del juego (18% más alta afuera del AMP; no hay efecto adentro del AMP). Al explorar los mecanismos detrás de la alta efectividad del contrato condicional afuera del AMP encontramos que los pescadores recurren a estrategias recíprocas (i.e., la respuesta a una caída en la extracción de los demás es reducir también la extracción del recurso), pero sólo en presencia del contrato condicional. Por el contrario, los pescadores adentro del AMP se comportan “anti-recíprocamente” (i.e., la respuesta a un incremento en la extracción de los demás es reducir la extracción del recurso), independiente de si enfrentan el contrato condicional o un precio fijo.

Las implicaciones de política son complejas. Estos resultados sugieren que, en términos de contratos condicionales, pareciera ser más costo-eficiente asignarlos a comunidades de pescadores artesanales que históricamente han mostrado un pobre manejo del recurso común; mientras que para las comunidades con un manejo destacado del recurso sería preferible recurrir a otras políticas que no actúen como sustitutos de las fuertes normas sociales que les permiten tener niveles de sostenibilidad más adecuados sin necesidad de incentivos monetarios adicionales.

## **Referencias**

Brinson, Ayeisha, Min-Yang Lee, and Barbara Rountree. *"Direct marketing strategies: the rise of community supported fishery programs."* Marine Policy 35.4 (2011): 542-548.

Jensen, Robert. *"The digital provide: Information (technology), market performance, and welfare in the South Indian fisheries sector."* The Quarterly Journal of Economics 122.3 (2007): 879-924.

CLEMENCIA MARTÍNEZ

---

MSc. en Economía

Investigadora

Universidad América

Clemencia Martínez Aldana<sup>10</sup>Dora María Cañón<sup>11</sup>



### **Introducción**

Dada la vocación agropecuaria colombiana y la disponibilidad de recursos naturales, es relevante divulgar las experiencias de la sostenibilidad asociativa agropecuaria, a fin de lograr la multiplicación de grupos asociativos con vocación semejante. Adicionalmente, quiere resaltarse la importancia de orientar los esfuerzos hacia la transición que favorezca sociedades sustentables, analizando los vínculos existentes entre los sistemas ecológicos y los sistemas sociales, dada la complejidad y la no linealidad de la relaciones naturaleza-sociedad, apoyando así la política agraria y la directriz nacional en materia de sostenibilidad ambiental, social, económica y organizacional.

Creemos que a partir del entendimiento tanto de las dinámicas presentes en la cooperación y organización colectiva de individuos, con las que se busca satisfacer unos intereses colectivos, en este caso el desarrollo de actividades económicas basadas en el uso de los recursos naturales, como las condiciones que debe cumplir todo sistema socioeconómico (organización campesina productiva) que interactúa con un sistema ecológico (recursos naturales usados), es posible explicar el papel y las consecuencias de las decisiones colectivas en la sostenibilidad del sistema.

### **Objetivos**

---

<sup>10</sup>Economista. Magíster en economía. Magíster en finanzas. Doctoranda en Administración. Autora de publicaciones en temas de finanzas y economía. Docente investigadora. Fundación Universidad de América. Bogotá. Colombia. Dirección de correo electrónico: [forward@tallerinternet.com](mailto:forward@tallerinternet.com)

<sup>11</sup>Ingeniera química. Magíster Saneamiento y Desarrollo Ambiental. Doctoranda en Sostenibilidad. Docente investigadora. Fundación Universidad de América. Bogotá. Colombia. Dirección de correo electrónico: [doracanon@gmail.com](mailto:doracanon@gmail.com)

Validar la aplicación de la Elección Colectiva como aporte al mejoramiento de la productividad en actividades agropecuarias de pequeña escala. Para este fin se determinan los factores representativos de la Elección Colectiva en procesos productivos agropecuarios de pequeña escala, y la causalidad existente en los modelos aplicados de elección colectiva de una unidad productiva agrícola, evidenciada en la Sabana de Bogotá. Finalmente se analiza la sostenibilidad del sistema socioecológico bajo los postulados de la ciencia de la sostenibilidad.

## **Metodología**

Se describe una fundamentación teórica y conceptual acorde a la temática de la elección colectiva, la productividad sectorial, los vínculos existentes entre los sistemas ecológicos y los sistemas sociales, buscando como meta última, la sostenibilidad asociativa agropecuaria. Complementariamente se presenta evidencia empírica de la producción agropecuaria en una cooperativa lechera del municipio de Guatavita, departamento de Cundinamarca<sup>12</sup>. Se consulta información estadística de investigaciones desarrolladas en torno al contexto de las variables: productividad, acumulación de capital humano y tecnología, por considerarse factores determinantes del bienestar individual y colectivo. En este punto se evalúa el efecto de la elección colectiva por las decisiones sociales tomadas sobre los insumos fundamentales del proceso productivo visible en la producción lechera. El modelo de producción tomado de referencia para validar la información del grupo objetivo es de naturaleza cualitativa. Los resultados obtenidos se presentarán detalladamente y se discuten para generar un aporte al sector con miras a servir de base para la formulación de políticas. Se abordan las teorías de Kenneth Arrow, Amartya Sen, Vilfredo Pareto, James Buchanan, Gordon Tullock, Gallopin, G, Mark W. Anderson, Mario F. Teisl & Caroline L. Noblet, Leonardo Ríos, Walter Salas. Se plantean los pensamientos, los principios y leyes sobre las que los autores soportan los axiomas.

---

<sup>12</sup>Investigación Martínez A. C. 2011-2012. Universidad Santo Tomás. Administración de los Recursos de Uso Común -RUC- A partir del modelo de Elinor Ostrom Nobel de Economía 2009.- Validación en la Cooperativa lechera de Guatavita- Monquentiva.



## Resultados

Con base en los referentes teóricos planteados, se demuestra como los productores del sector agropecuario de pequeña escala mejoran sus niveles de productividad, a partir de procesos de elección colectiva bajo reglas de elección social categorizadas según las alternativas de preferencias individuales de la sociedad en que están inmersos los individuos.

Según los planteamientos expuestos se infiere que para lograr beneficios importantes, se requiere desarrollar modelos de elección colectiva cuyos procesos propendan por el bienestar social. Las reglas colectivas son producto de decisiones sociales tomadas por mayoría, por veto (preferencias estrictas sobre una alternativa específica), por subconjuntos de una alternativa (descarte de preferencias). Este teorema lleva al cuestionamiento de si la disparidad en la preferencia social se debe a la incoherencia de la mayoría o a la forma en que se integran los individuos, y se infiere que independiente de la causa, los acuerdos para las decisiones sociales orientadas al bienestar deben llevar una secuencia de preferencias y tomarse por unanimidad. Haciéndose la salvedad que es bastante complejo lograr la satisfacción de todos los contingentes de forma simultánea.

A partir de los postulados de la ciencia de la sostenibilidad para entender las interacciones dinámicas que se presentan en un sistema soci ecológico en transición hacia la sostenibilidad, como es el ejemplo estudiado en la Cooperativa lechera COLEGA, las autoras<sup>13</sup> de esta ponencia, plantean las condiciones con las que se podría abordar la resiliencia o la capacidad de adaptación de un sistema socio ecológico, en respuesta a las diferentes perturbaciones que pueden afectar su sostenibilidad. Se resaltan entre otras: a) Conocimiento previo de la situación socioeconómica de cada uno de los individuos que participan de las decisiones colectivas; b) Conocimiento de las dinámicas de relacionamiento entre la población y su entorno (contexto económico, social, cultural, político y ambiental); c) Análisis de la vulnerabilidad del sistema socio ecológico por la total dependencia económica de una única actividad; d) Fortalecer capacidades en los individuos que toman las decisiones colectivas, para crear el vínculo con su territorio (cultura, tradiciones, saberes, capacidades, etc.); e) Comunicación oportuna, constante y veraz a todos los individuos acerca de las reglas producto de los acuerdos colectivos, para que las

---

<sup>13</sup>En este mismo sentido, las autoras han enviado una ponencia para participar en el XII Congreso Internacional de Contaduría, administración e informática-UNAM, 2017.

decisiones acordes a los diferentes contextos sean estables y perduren y en el tiempo; f) Atender el relevo generacional como factor crítico que influye en la sostenibilidad de los sistemas como el estudio de caso.

Una vez identificadas las condiciones particulares de cada asociación campesina que le imprimen el carácter de atributos esenciales, será posible iniciar futuras investigaciones de carácter transdisciplinario, con la participación directa de aquellos protagonistas de la vivencia diaria en las zonas rurales, con el fin de identificar: a) el tipo de redes sociales que se tejen para afianzar logros y metas planteadas; b) las decisiones individuales en un contexto particular que llevan a afectar las decisiones colectivas; c) dinámicas internas entre los diferentes individuos, producto de la relación con su territorio; d) el estudio de las perturbaciones externas mediante análisis de redes sociales para vincular causas o consecuencias de posibles alteraciones que puedan afectar la sostenibilidad del sistema; e) relación entre el grado de disminución del bienestar social individual, colectivo como consecuencia de las decisiones individuales particulares que afectan o no el uso de los recursos naturales por el grado de dependencia económica frente al recurso; f) finalmente se podrán construir modelos teóricos que simulen las condiciones que pueden afectar a nivel de perturbaciones tanto endógenas como exógenas, la sostenibilidad de las asociaciones campesinas por el uso y la conservación de los recursos naturales y el grado de dependencia económica del mismo, su resiliencia y maneras de abordar el problema.

## **Conclusiones**

La gran inquietud sobre la elección está en cómo construir la ordenación social de todas las alternativas, a partir de un conjunto de ordenaciones individuales de comportamientos sociales que involucra los intereses personales, los juicios y el bienestar del colectivo, que explique las interrelaciones como elecciones sociales a las preferencias individuales, convirtiéndose en una condición fundamental para evaluar socialmente una decisión (Sen, 2010). En el caso referido se aborda la relación entre los individuos y la sociedad, para inferir reglas partiendo desde las alternativas individuales hasta llegar a construir decisiones colectivas (sociales) que soportan normas orientadas al bienestar social. Se basan en un conjunto de ordenaciones individuales de los comportamientos sociales, que involucran los intereses personales, los juicios y el bienestar del colectivo, explicando así las interrelaciones como condición fundamental para evaluar socialmente una decisión. La teoría se validó con un modelo, partiendo del principio de la

gestión colectiva en la renovación de pastos, la fertilización con productos biológicos, el control al sobrepastoreo, el control a la producción lechera, la delimitación de la frontera agrícola, la preservación y el sostenimiento de los recursos naturales. Llevada al contexto, las preferencias individuales de los 50 productores respectivamente contribuyen a la elección colectiva y por ende al bienestar social, porque el aporte del capital humano y de la tecnología por genética dieron positivo en producción y negativo en el incremento de la frontera pecuaria.

Se evidencia que la asociatividad con liderazgo es efectiva, eficiente, pertinente y sostenible en escenarios de producción en pequeña escala, cuando existen intereses comunes entre los participantes y las decisiones y los resultados redundan en beneficio de los Recursos de uso Común. Para determinar la sostenibilidad de un sistema socioecológico productivo, debe identificarse el tipo de interacciones dinámicas que se dan entre el sistema social, el sistema económico y el sistema ecológico, los atributos esenciales que los caracterizan y la persistencia de los mismos luego de una perturbación interna o externa, adicionalmente considerar los límites umbrales del sistema para poder adaptarse sin cambiar los atributos esenciales, los controles internos de funcionamiento y las características particulares que suman a la resiliencia del mismo. Para el caso de estudio, se resaltan como atributos esenciales que han favorecido la sostenibilidad tanto económica, social y ambiental de la cooperativa lechera Colega, el fortalecimiento del tejido social, de los lazos entre la comunidad, arraigo para los productores agropecuarios, la cooperación, el capital social, el aprendizaje social, el capital económico y la educación para toda la familia., traducándose finalmente en que persiste la rentabilidad y utilidad de la cooperativa COLEGA tanto para los socios como para la organización. Se resalta la importancia de analizar la vulnerabilidad del sistema frente a la dependencia total de la actividad económica y del recurso de uso común, por los riesgos futuros que representa obtener los ingresos únicamente de esta actividad.

**Palabras Clave:** Autogestión colectiva. Bienestar social. Comunidades sostenibles Elección social. Resiliencia. Perturbacione

YADY MARCELA BARRERO

---

MSc. en Ciencias Económicas

Docente

Universidad Javeriana



Los recursos naturales son objeto de dilemas sociales en su uso y manejo debido a su condición de rivalidad y no exclusión. Si la disyuntiva entre el bienestar colectivo y el beneficio individual se resuelve considerando sólo el interés privado, el recurso se aboca a la sobreexplotación y al agotamiento. Para resolver estas problemáticas desde la cooperación, la literatura ambiental reconoce la importancia de la acción colectiva en las comunidades (Moreno y Maldonado, 2010; Vélez, Murphy, y Stralund, 2010; Cárdenas, Rodríguez, y Johnson, 2011). Además, para el logro de objetivos de conservación es necesario considerar la comunicación como factor facilitador de las interacciones comunitarias (Balliet, 2010; Lacomba y López, 2015). Finalmente, la presencia de hombres y mujeres como usuarios de los recursos naturales, hace relevante incluir elementos de género en la solución de los dilemas ambientales, pues la reacción de hombres y mujeres puede ser distinta frente a condiciones de interacción social y comunicación (Simpson, 2003; Croson y Gneezy, 2009; Vyrastekova et al., 2015)

Todos estos factores han sido considerados de forma separada en experimentos económicos tanto en laboratorio como en campo, sin embargo, esta investigación es dentro de lo que se conoce, la primera en incluir de forma conjunta los aspectos de acción colectiva, comunicación y género en la solución de dilemas sociales. También los presenta en un contexto concreto con usuarios

---

<sup>14</sup> Los datos utilizados en este análisis se originaron en un proyecto de investigación financiado por Conservation International –CI– Colombia. La autora agradece al Profesor Jorge H. Maldonado, de la Universidad de Los Andes, por su asesoría durante esta investigación. Los errores y omisiones del artículo son entera responsabilidad de la autora.

reales que toman decisiones de aprovechamiento y manejo de un recurso natural, el cual está afectado por problemáticas de sobre explotación y agotamiento.

El presente documento analiza las decisiones de acción colectiva en el cuidado de los ecosistemas y su relación con las dinámicas de aprovechamiento de los recursos. En este contexto, aborda la influencia de la comunicación entre los usuarios y del comportamiento diferencial entre hombres y mujeres, en el logro de objetivos de sostenibilidad. Para ello, presenta el caso del manejo del manglar y la extracción de piangua en una zona del Pacífico Nariñense.

En las comunidades de estudio, la sobre extracción de la piangua y la necesidad de consolidar la organización social como población afro descendiente generan dilemas sociales. Además, el hecho de contar con hombres y mujeres, dedicados a la extracción de la piangua y la pesca y formando parte activa del Consejo Comunitario, permite desarrollar el análisis de la cooperación desde un enfoque comparativo de género.

Se utiliza información experimental recolectada a partir de juegos económicos. En ellos participaron 308 habitantes de las diez veredas del territorio del Consejo Comunitario Esfuerzo Pescador. También se incluye información de encuestas de caracterización realizadas a los participantes. Estos juegos permiten analizar dinámicas de extracción de piangua en relación con decisiones de inversión en la conservación del manglar. Tales comportamientos se generan en distintos escenarios de comunicación, controlando por la conformación de género en los equipos.

Los resultados obtenidos muestran que aunque las mujeres como principales consumidoras de la piangua toman decisiones de extracción que afectan negativamente la sostenibilidad del recurso, son ellas quienes más aprovechan los espacios de comunicación y propician inversiones en el cuidado del manglar.

## **Metodología**

Para esta investigación se desarrollaron juegos económicos con habitantes de las diez veredas del territorio del Consejo Comunitario Esfuerzo Pescador en Iscuandé (Nariño). Las actividades se realizaron en Marzo de 2017 y convocaron a 308 personas (162 mujeres y 146 hombres)

dedicados principalmente a la extracción de piangua y a la pesca. Los participantes se organizaron en 77 grupos de cuatro integrantes cada uno, que fueron asignados aleatoriamente a cinco distintas conformaciones por género.

Se realizaron dos juegos relacionados con la cooperación. En cada uno de ellos se representaba un dilema social asociado a los recursos del manglar. El dilema social es la situación en la cual los usuarios del recurso deben decidir entre una situación que les favorece de forma privada pero que perjudica a su comunidad (denominada Equilibrio de Nash) y una situación que beneficia a todos los de la comunidad y a cada persona individualmente si todos en la comunidad deciden cooperar (denominado Óptimo social)

El primer juego llamado juego de extracción representa una situación hipotética de uso de un manglar comunitario (un manglar para cada grupo de 4 personas). En este ejercicio, los jugadores debían elegir cuanta piangua extraer del manglar, teniendo entre 1 y 8 decenas de piangua disponibles para cada uno por ronda. Las ganancias individuales dependían de cuanta piangua extrajera cada uno del manglar y de cuanta piangua dejara todo el grupo como recurso disponible en el manglar. Para este juego, el óptimo social consistía en extraer 1 decena de piangua por persona.

El segundo juego fue un juego de bienes públicos, representa una situación hipotética de decisiones de inversión en la ejecución de un proyecto colectivo para cuidar el manglar comunitario. Para ello, en cada ronda, cada jugador recibía 3 fichas y debía decidir cuantas fichas invertir en el proyecto colectivo y cuantas fichas guardar en su cuenta personal. Cada ficha guardada representaba un valor de \$500, mientras que las ganancias por el número de fichas invertidas en el cuidado del manglar dependían también de cuantas fichas aportaba su grupo.

Los juegos se desarrollaron en secuencia, de tal manera que cada grupo partiera de una situación de acceso abierto sobre los recursos del manglar dado por el juego de la extracción durante cinco períodos (línea base, rondas 1 a 5). Luego tomaron una decisión de inversión en el cuidado del manglar sin interacción social (ronda 6) seguida de otra decisión de inversión con previa comunicación de 3 minutos (ronda 7). Finalmente volvieron a acceder a los recursos del manglar por otros cinco ciclos de extracción y con previa interacción grupal (3 minutos antes de la octava ronda de extracción y luego un minuto entre las sucesivas rondas (9 a la 12). Este diseño

experimental busca dar cuenta del efecto de las decisiones de inversión en el cuidado del manglar y de la comunicación, sobre la extracción de los recursos en comparación con la situación de aprovechamiento individual sin interacción ni acciones colectivas. Al terminar toda la actividad de toma de decisiones, se aplicó a todos los participantes una encuesta de caracterización socioeconómica.

## **Resultados**

La variable dependiente se construyó de acuerdo con la relación que las decisiones de cada participante tuvieron respecto al Óptimo social en el juego respectivo. Corresponde a valores entre 0 y 100 y constituye una especie de porcentaje de cooperación. Esto se hizo con el fin de estandarizar las escalas de extracción y de inversión y poder analizar las decisiones de los juegos conjuntamente.

Las variables explicativas del puntaje de cooperación fueron una dummy de sexo indicativa para mujeres y las tres variables indicativas de cada tipo de juego y modalidad de interacción como tratamientos respecto al acceso abierto (línea base). Además se incluyeron controles relacionados con el diseño experimental como variables categóricas por grupo y por ronda y dummies relacionadas con cada conformación de género en los grupos. Finalmente se incluyeron algunas variables socio económicas y demográficas como controles adicionales a la regresión. Se realizó una estimación de Mínimos Cuadrados Generalizados con errores robustos y grupos como clúster.

La Tabla 1 contiene los resultados de las estimaciones. Como se aprecia en ella, la dummy de ser mujer resulta siempre significativa y negativa, es decir, respecto a sus compañeros varones, las mujeres en promedio redujeron el aporte de las decisiones de los juegos a la cooperación. Esto puede deberse a que son ellas quienes se encuentran más vinculadas a la extracción de piangua en la zona, tanto por tradición como por inexistencia de opciones alternativas. Un resultado similar para el caso de los pescadores en México es reportado por Revollo-Fernández, et al. (2015)

En cuanto a los tratamientos, las decisiones de inversión en el cuidado del manglar en el juego de bienes públicos en promedio aumentaron la cooperación respecto a las decisiones tomadas en la línea base. Además, el incluir comunicación generó un incremento en los aportes promedio de la

inversión de 4.6 puntos y respecto a la extracción en libre acceso, los participantes en promedio extrajeron menos (cooperaron más) habiendo invertido previamente en el cuidado del manglar y teniendo la posibilidad de comunicarse.

Se evidencia también un efecto de aprendizaje a lo largo del juego, que aunque pequeño favoreció la cooperación. El mayor efecto se da en las decisiones de los participantes habitantes en las veredas de más de 50 familias, representan un aumento promedio en los puntos de cooperación. Esto posiblemente se debe a la existencia de otras actividades de subsistencia además de la recolección de piangua, lo cual los hace menos proclives a presionar el recurso o a la presencia de campañas de conservación que han tenido como sede estas zonas (talleres en escuelas o colegios) que genera mayores inversiones en el cuidado del manglar.

A mayor escolaridad de los participantes mayores son en promedio sus dinámicas de cooperación en los juegos, igual ocurre con quienes reportan participar de organizaciones comunitarias. Esto va en línea con la relación existente entre construcción y fortalecimiento de capital social y conservación de los recursos naturales. En cuanto al nivel auto reportado de riqueza relativa de cada familia respecto a sus vecinos de vereda, se encontró un efecto promedio negativo. Al parecer quienes se ubicaron en las escalas más altas en el nivel de 1 a 10 aportaron en promedio menos a la cooperación en los juegos. Por su parte, no se reporta efecto de la conformación de los grupos ni de la edad sobre la cooperación durante los juegos.

Finalmente se realizaron interacciones entre las variables de tratamiento de los juegos y la variable de ser mujer controlando por las mismas variables del Modelo 3. Esto con el fin de identificar la existencia de efectos diferenciales por género. En la Tabla 2 se continúa evidenciando el efecto promedio negativo de ser mujer en las decisiones de cooperación de los juegos, tal como se identificó anteriormente.

Sin embargo, este efecto al parecer es compensado por la influencia de los tratamientos. La Tabla 3 muestra que son ellas quienes reaccionan positivamente a los mecanismos de acción colectiva y de comunicación. Así, respecto a su comportamiento promedio en línea base, las mujeres mejoran sus decisiones de cooperación en los juegos cuando han invertido en el cuidado del manglar y cuando interactúan con sus compañeros de equipo.



El carácter contexto dependiente de las preferencias sociales de las mujeres fue reconocido en varios experimentos de laboratorio (Croson y Gneezy en 2009). Además su mayor sensibilidad a interacciones colectivas se explica por su auto concepto interdependiente reportado por Charnes y Rustichini (2011) e Irwin, et al. (2015)

**Tabla 1. Resultados de la estimación.**

**Grupos como clúster. Variable dependiente: puntos de cooperación.**

Variable	Nombre	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
<b>Dummy de sexo =1 si es mujer</b>	DF	-4.3 (2.1)**	-3.6 (1.9)*	-3.3 (2.0)*
<b>Dummy juego de inversión sin comunicación</b>	DPGG1	6.8 (1.9)***	4.1 (1.9)**	4.0 (1.9)**
<b>Dummy juego de inversión con comunicación</b>	DPGG2	12.0 (2.4)***	8.4 (2.3)***	8.6 (2.4)***
<b>Dummy juego de extracción con comunicación</b>	DCPR2	12.7 (1.6)***	6.3 (2.9)**	6.4 (2.9)**
<b>CONTROLES DEL JUEGO</b>				
<b>Grupo (1 a 77)</b>	Grupo		-0.2 (0.05)***	0.01 (0.07) <sup>ns</sup>
<b>Ronda (1 a 12)</b>	Ronda		0.9 (0.4)**	0.94 (0.4)**
<b>Dummy de grupos de 4 hombres</b>	DW0		-1.1 (4.8) <sup>ns</sup>	-0.2 (4.3) <sup>ns</sup>
<b>Dummy de grupos de 1 mujer y 3 hombres</b>	DW1		-3.6 (6.2) <sup>ns</sup>	1.1 (5.5) <sup>ns</sup>

<b>Dummy de grupos de 2 mujeres y 2 hombres</b>	DW2		-1.1 (4.1) <sup>ns</sup>	-0.8 (3.6) <sup>ns</sup>
<b>Dummy de grupos de 3 mujeres y 1 hombre</b>	DW3		-3.7 (4.2) <sup>ns</sup>	-3.4 (3.4) <sup>ns</sup>
<b>VARIABLES SOCIOECONÓMICAS</b>				
<b>Años de edad</b>	Edad			0.003 (0.07) <sup>ns</sup>
<b>Veredas grandes = 1 si la vereda tiene más de 50 familias</b>	DGr			14.5 (3.3) <sup>***</sup>
<b>Años de escolaridad</b>	Educación			0.9 (0.3) <sup>***</sup>
<b>Dummy de pertenencia a organización comunitaria</b>	Dorgcom			3.7 (1.8) <sup>**</sup>
<b>Auto reporte de Escala de riqueza relativa</b>	Escala			-1.0 (0.6) <sup>*</sup>
<b>Constante</b>	_cons	57.8 (2.2) <sup>***</sup>	64.6 (4.6) <sup>***</sup>	40.1 (7.5) <sup>***</sup>
	<b>Número de datos</b>	3.696	3.696	3.624
	<b>Wald Chi2 (k)</b>	67.4	83.5	197

(\*) Significativo al 90% de nivel de confianza; (\*\*) Significativo al 95% de nivel de confianza; (\*\*\*) Significativo al 99% de nivel de confianza; (<sup>ns</sup>) no significativo.

**Tabla 2. Resultados de las interacciones.**

**Grupos como clúster. Variable dependiente: puntos de cooperación.**

Variable	Nombre	Modelo 4
<b>Dummy de sexo =1 si es mujer</b>	DF	-7.4 (2.8)***
<b>Dummy juego de inversión sin comunicación</b>	DPGG1	0.7 (2.6) <sup>ns</sup>
<b>Ser mujer en juego de inversión sin comunicación</b>	DFPGG1	6.3 (3.4)*
<b>Dummy juego de inversión con comunicación</b>	DPGG2	2.8 (3.1) <sup>ns</sup>
<b>Ser mujer en juego de inversión con comunicación</b>	DFPGG2	11.0 (3.7)***
<b>Dummy juego de extracción con comunicación</b>	DCPR2	3.1 (3.2) <sup>ns</sup>
<b>Ser mujer en juego de extracción con comunicación</b>	DFCPR2	6.3 (2.7)**
<b>CONTROLES DEL JUEGO Y VARIABLES SOCIOECONOMICAS</b>		SI
<b>Constante</b>	_cons	42.2 (7.7)***
<b>Número de datos</b>		3.624
<b>Wald Chi2 (k)</b>		203.5

**Tabla 3. Diferencias entre hombres y mujeres respecto a la línea base (CPR1)**

Variable	Hombres	Mujeres
<b>Juego de inversión sin comunicación</b>	0.7 (ns)	$0.7 + 6.3 = 7.0$ (***)
<b>Juego de inversión con comunicación</b>	2.8 (ns)	$2.8 + 11.0 = 13.8$ (***)
<b>Efecto comunicación en PGG</b>	2.1	6.8
<b>Juego de extracción con comunicación</b>	3.1 (ns)	$3.1 + 6.3 = 9.4$ (***)

## Referencias

- Balliet, D., 2010. Communication and Cooperation in Social Dilemmas: A Meta-Analytic Review. *Journal of Conflict Resolution*, 2010, 54(1): 39-57.
- Cárdenas, J.C., Rodríguez, L., Johnson, N., 2011. Collective action for watershed management: field experiments in Colombia and Kenya. *Environment and Development Economics*. 16. Special Issue 03: 275-303. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1355770X10000392>
- Charness, G. and Rustichini, A., 2011. Gender differences in cooperation with group membership. *Games and Economic Behaviour*. 72 (2011) 77-85. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geb.2010.07.006>
- Croson, R. and Gneezy, U., 2009. Gender differences in preferences. *Journal of Economic Literature*. 47(2): 448-474. DOI: <https://doi.org/10.1257/jel.47.2.448>
- Lacomba, J., & López, R. 2015. Cooperation. In: “Experimental Economics. Volume I: Economic Decisions”. Palgrave Macmillan. 208 p. ISBN 978-1-137-53818-5
- Irwin, K., Edwards, K., y Tamburello, J. 2015. Gender, trust and cooperation in environmental social dilemmas. *Social Science Research* 50(2015), 328-342. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.ssresearch.2014.09.002>
- Moreno, R. P and Maldonado J.H., 2010. Evaluating the role of co-management in improving governance of marine protected areas: An experimental approach in the Colombian Caribbean. *Ecological Economics*. 69: 2557-2567. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.07.032>
- Velez, M.A., Murphy, J., Stralund, J.K., 2010. Centralized and decentralized management of local common pool resources in the developing world: Experimental evidence for fishing communities in Colombia. *Economic Inquiry*. 48(2), 254-265. DOI: 10.1111/j.1465-7295.2008.00125.x

## WILLINGNESS TO ACCEPT LOCAL WIND ENERGY DEVELOPMENT: DOES THE COMPENSATION MECHANISM MATTER?

---

JORGE H. GARCÍA<sup>15</sup>

PhD. en Economía

Docente

Universidad de los Andes

Coautores

Todd L. Cherry,<sup>16</sup> Steffen Kallbekken,<sup>17</sup> Asbjørn Torvanger<sup>18</sup>



### Abstract

Wind power development projects often include compensation for the affected communities, but little is known about the efficacy of the alternative compensation mechanisms. This study addresses this question by examining the relative potential of private and public compensation. We conduct a Choice Experiment (CE) that investigates household preferences of compensation for the local siting of a hypothetical wind park. Households chose among different alternatives, where each alternative was characterized by three varying attributes: the number of turbines, the level of private compensation, and the level of public compensation. Results indicate the wind park imposes welfare losses to local residents and non-local recreational users, with about 35% of these losses corresponding to non-use values. Findings show that households prefer public compensation to private compensation, with household's willingness to accept being lower with public compensation than private compensation. This finding suggests that estimates of local resistance to wind development depends on the compensation mechanism.

### Introduction

---

<sup>15</sup> Center for International Climate and Environmental Research – Oslo (CICERO), Norway - Visiting Faculty at Pontificia Universidad Javeriana – Bogota, Colombia

Corresponding author at: Center for International Climate and Environmental Research – Oslo (CICERO), Norway. Email address: hegarci@hotmail.com, j.h.garcia@cicero.oslo.no (J.H. García)

<sup>16</sup> Center for International Climate and Environmental Research – Oslo (CICERO), Norway - Economics at Appalachian State University, Norway

<sup>17</sup> Center for International Climate and Environmental Research – Oslo (CICERO), Norway

<sup>18</sup> Center for International Climate and Environmental Research – Oslo (CICERO), Norway

Wind energy has emerged as an important renewable energy source in recent years: Wind energy generation experienced a five-fold increase worldwide in the period 2005–2012 and currently contributes to about 2% of global electricity supply. In the European Union, 11.4% of electricity consumption was covered by wind energy in 2015 (EWEA, 2014a). Estimates indicate that in 2020 this figure will reach 12.8–17% (EWEA, 2014b). Analyses of greenhouse gases (GHG) concentration stabilization scenarios show that this figure ought to rise to between 13% and 25% by 2050 (Fischedick, 2011; IPCC, AR5). If the world is going to approach the ambitious temperature targets inscribed in the Paris agreement (UNFCCC, 2015), global emissions need to be reduced by between 70% and 95% by 2050 (IPCC, 2014). This will require a substantial increase in the deployment of renewable energy. Despite fast deployment during the last decade, wind energy faces important challenges (Wiser et al., 2011). First, while production costs have decreased considerably in recent years, more substantial and predictable climate and renewable energy policies are required to spur investment in many regions of the world. Second, the variability and unpredictability of the wind resource, and its localized nature, poses important grid integration challenges. Third, issues related to social acceptance and local opposition continue to impede plans for expanded deployment. This article is concerned with this third challenge. Whereas there is widespread public support for increasing renewable energy supply generally, and wind power more specifically, wind farm projects are often met with local resistance (e.g. Devlin, 2005 and Wiser et al., 2011). The development of wind power presents a clear conflict between the dispersed societal benefits and the concentrated local costs, and while the general benefits may dominate the local costs, wind development plans are often overturned because of local opposition. Wind farming has well-documented impacts on local communities, including degradation of scenic vistas and landscapes, noise, shadow flickering, as well as impacts on birds, and on other wildlife and ecosystems (Wiser et al., 2011). As wind development continues, it will increasingly encroach upon where people live, thus making local opposition an even greater challenge than it is today.

Environmental valuation studies have attempted to measure the external costs associated with wind development projects. This literature comprises hedonic pricing (e.g. Heintzelman and Tuttle (2012) and Jensen et al. (2014)) and stated preference studies (e.g. Aravena et al. (2014) and Landry et al. (2012)). As discussed in detail in Section 2, the bulk of these valuation studies report local welfare losses due to wind farm development. The derived estimates provide

guidance to decision-makers on the local costs of siting decisions and social benefits of wind projects. They also indicate the appropriate level of compensation that developers may provide local residents to offset for the local impacts of a wind project, although navigating the ethical considerations of compensating local residents can be a challenge (Cass et al. (2010)).

Existing environmental valuation studies have a strong focus on the household's tradeoff between the negative impacts of wind farming and private compensation measures. While useful for several purposes, such an approach fails to address some relevant considerations. In particular, compensation to local communities does not have to be limited to individual payments. In some instances, the provision of a local public good can be a viable form of reparation to local communities—e.g., see Cass et al. (2010) and Cowell et al. (2011). Though given little attention in the literature, economic theory provides a rationale for such compensation. In fact, public goods and local public goods are often under-supplied due to coordination problems and institutional failures, and it should be unsurprising that some individuals prefer this form of settlement. Compensation in this case occurs at two different levels: first, it corrects an institutional failure that prevents a local public good from being provided and, second, like private compensation, it increases overall welfare. By implementing a stated preference approach in a local community in western Norway, this study aims to contribute to the understanding of households' tradeoffs between wind farming impacts and private versus public compensation. The paper proceeds as follows. Section 2 presents a discussion of the literature on local impacts of wind energy and the role of compensation to local communities. Section 3 introduces the particularities of our case study and the CE. Section 4 presents the econometric model. Section 5 presents results and Section 6 concludes.

## **Literature review**

This section starts by reviewing the economics literature on the effects of wind farming in local communities. The studies include applications of the hedonic price method and the stated preference methods. We also review some studies in the geography and environmental planning literatures that provide insights on the relationships between wind farming and local communities, and the role of public compensation as means for easing local opposition. The literature on the effects of wind farming on property values is relatively recent and scattered.



Using a large sample of property transactions, Heintzelman and Tuttle (2012) study the impact of wind facilities on property values in northern New York State in the United States (US). The authors report that proximity to a wind farm consistently reduces property values in two out of the three counties analyzed. The effects in these two counties were large and declined with distance. For a wind farm located 0.5 miles away, the property value is on average is 8.8–15.8% lower. When the wind farm is located 3 miles away, the negative impact on property values is estimated to be 2–8%. The authors conclude that existing mechanisms, such as easement payments to individual owners, may have properly compensated those who allowed wind farm development on their properties but are unlikely to account for the harm caused to those living in the vicinity.<sup>19</sup> Using detailed data from Denmark on property values and wind turbine location, Jensen et al. (2014) estimate that visual impacts reduce property values by up to 3%, while noise reduces property values by 3–7%.<sup>20</sup> In a similar study using transactions data from Wales and England, Gibbons (2015) finds that wind farm visibility, on average, reduces property values by nearly 6% within 2 km, less than 2% between 2 and 4 km, and less than 1% from 14 km. In a recent study using data from Rhode Island (US), Lang (2014) found no effect of wind turbines on housing prices, though this study only considered single-turbine sites. Krueger et al. (2011) implement a CE to estimate the costs to the residents of Delaware (US) caused by the eventual deployment of an already planned offshore wind farm. It was found that a near-the-shore development would cause considerable welfare costs to residents, especially those living close to the coastline. Landry et al. (2012) on the other hand implemented a CE experiment in North Carolina (US) and found the effects of coastal wind farming on local recreational visitation to be relatively small. Consistent with Krueger et al. (2011) two CE studies using data from nationwide surveys in Chile (Aravena et al., 2014) and in Sweden (Ek and Persson, 2014), indicate that individuals prefer offshore, rather than onshore wind energy developments. Álvarez-Farizo and Hanley (2002) and Bergman et al. (2006) implement CEs in Spain and Scotland and report that

---

<sup>19</sup>Hoen et al. (2014) use a large sample of property transactions from nine States across the US and report no effects of wind farming on property values. The authors point out that a proportion of the data used in Heintzelman and Tuttle (2012) come from the period between the announcement of the wind farm and its construction and this ought to be given consideration when interpreting their estimations. Gibbons (2014) questions the conclusions reported in Hoen et al. (2014) the data set included very few transactions in the areas near wind farms

<sup>20</sup>Sims and Dent (2007) use post-construction data on 919 house sales in three communities in UK and report significant price effects in one of the three communities. In an unpublished study Sunak and Madlener (2012) use data from two communities in Germany and 1405 sales and re-sales and report a reduction in property values within the range 21.5–29.7% for those properties located within 1 km from the wind farm

wind farm impacts on flora and fauna as well as on wildlife induced considerable welfare losses. A Swedish study that conducts a CE considers earmarking of the revenues for conservation measures (Ek and Persson, 2014). However, the study was targeted to the general public. As we have argued, opposition is most relevant at the community level where the negative impacts of development are salient and where development plans may be halted.<sup>21</sup>

A number of studies outside the environmental valuation literature and within a more qualitative tradition have emphasized that local compensation for negative impacts of wind energy may be private or public. Examples of private compensation are lump-sum payments and share of profits to property owners, and reduced power tariffs to local inhabitants. Cowell et al. (2011) introduced the following typology of community benefits: (1) Community benefit fund based on lump-sum or regular payment, (2) direct (in-kind) investments in schools, sports facilities, environmental improvements, etc., (3) community ownership of shares of the wind project, and (4) local contracting and employment during construction and operation. Category 2 explicitly entails the provision of local public goods. Categories 1 and 3 may involve both private and public compensation, while category 4 involves private compensation to a limited number of residents. In a comparative study of six European countries, Toke et al. (2008) report that countries such as Denmark and Germany have been more successful at delivering benefits from wind farming to local communities and this may explain their larger deployment rates. In a study based on interviews in the UK, Cass et al. (2010) conclude that “The normative case for providing community benefits appears to be accepted by all involved, but the exact mechanisms for doing so remain problematic.”

Studies on the siting of waste disposal facilities offer insights that are worth noting. In a survey-based study from Chile, Claro (2007) shows that public support for the siting of a waste disposal facility was lower when cash payments were offered in a referendum question (6.5%), than when no compensation was mentioned (10.5%). Follow up questions indicated that this result was due to a large number of respondents that viewed monetary compensation as a form of bribery. Notably, when compensation in the form of a public good was offered, acceptability was highest

---

<sup>21</sup>Hanley and Nevin (1999) and Bergman et al. (2008) have considered welfare impacts of job creation in the wind farm construction processes. A number of studies indicate that local opposition and negative attitudes towards wind farming decreased over the operation life of the facilities (e.g. Devine-Wright, 2005). It should be noted, however, that negotiations between communities and developers are over deployment plans, prior to construction when local opposition may be highest and this is likely to have an effect on demanded compensation levels.

(14.9%).<sup>22</sup> While the referendum questions used in this study are rather general, and are of limited applicability to wind farming, the results suggest that reparation may be more acceptable to some people if the compensation is in similar terms as the harm. Claro reasons that public goods – being collective - are more similar to environmental goods than private payments. The author also notes that attitudes may depend on cultural values, implying that the results of the study do not necessarily generalize to other cases. Given the importance of compensation for acceptability of wind energy developments and the limited knowledge about the efficacy of different compensation schemes, a comparison of public and private compensation schemes is of interest to researchers and practitioners. Even if some studies have discussed the role of public and private compensation, there are, to the best of our knowledge no studies attempting to quantify the merits of these options, and in particular for wind development.

### **Local context**

Wind energy in Norway Due to a favorable topography and abundance of water resources, hydropower has dominated power generation in Norway -hydro accounts for about 97% of total electricity production (NVE, 2013). Norway is a net exporter of green electricity, with about 12% of its production sold to other Nordic countries and Northern Europe (NVE, 2013).<sup>23</sup> With increasing demand for renewable energy in the EU, the Norwegian Government has plans to build two new subsea interconnectors with Germany and the United Kingdom. The plans are, however, highly controversial due to expected higher electricity prices (e.g. Green and Staffell, 2014), and negative effects on local environments (e.g. Gullberg et al., 2014, Solli, 2010, Forum for natur og friluftsliv 2011).<sup>24</sup> Given these particularities, it is somewhat unsurprising that wind energy deployment plans are often met with local opposition. The share of wind electricity production in Norway in 2013 was 1.5%, while in other Scandinavian countries such as Denmark and Sweden wind accounted for 33% and 7% of total electricity production (IEA, 2013).

---

<sup>22</sup>Kunreuther and Easterling (1998) note that different types of compensations can be effective for siting facilities such as landfills, but do not work well for in the case of nuclear waste repositories.

<sup>23</sup>In short periods of low hydropower production in winter, Norway might have a net import of power.

<sup>24</sup>The Forum for natur og friluftsliv, adopted the following position: “We have enough energy in Norway. The potential for energy efficiency and energy recycling is vastly under-utilized. It is naive to believe that we can be Europe's green battery”. It should also be noted that the expansion of hydro capacity has become increasingly difficult due to physical and environmental regulatory constraints.

However, the Norwegian government has started to follow the example set by its Scandinavian neighbors in supporting the development of wind power. The southern and western provinces along the North and Norwegian Seas have considerable wind energy resources (e.g. Hofstad et al., 2005).

Before the introduction of the green certificates market in Norway (in collaboration with Sweden) in 2012, selected wind energy developments in the country received direct support from the government (IEA, 2013). In 2013 Norway had 20 functioning energy farms with 356 windmills (IEA, 2013). Over the years, the Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE) has kept a detailed register of all windfarm licenses applied for. It shows that about half of wind projects are actually realized. The other half of wind development projects have been declined by NVE or withdrawn by developers due to either local opposition or other reasons. See Fig. 1 for a geographical distribution of existing wind farms and declined wind farm license applications as of January 2016; see also Vindportalen (2014).

### **Choice experiment**

To investigate household preferences we conducted a Choice Experiment (CE) that considered the siting of a hypothetical wind park in Sandnes, Norway (see Fig. 1). Sandnes has about 71,900 inhabitants and an area of 286 Km<sup>2</sup>. A number of criteria were used to choose this municipality and the exact location of the wind farm. These included, in order of importance, wind farming potential- based on detailed information on wind farming projects in Norway generally and nearby areas especially,<sup>25</sup> viability of the wind farming project so it would appear realistic to respondents, and impact on local communities in terms of visual impacts mainly. The hypothetical wind farm was located in an area that has traditionally been used for hiking and for other recreational purposes by area residents. The wind farm sits in the administrative area of Riska,<sup>26</sup> on the hills to the east of the Frøylandsvatn lake, about 1 km away from road 516. Road 516 connects Hommersåk, Riska's main urban area with Sandnes' main urban settlement (also known as Sandnes). Hommersåk is located 2 km north of the wind farm and 12 km north of Sandnes town center. The wind turbines would be visible from this road and from most areas in Hommersåk. The experimental design was informed by informal discussions with local

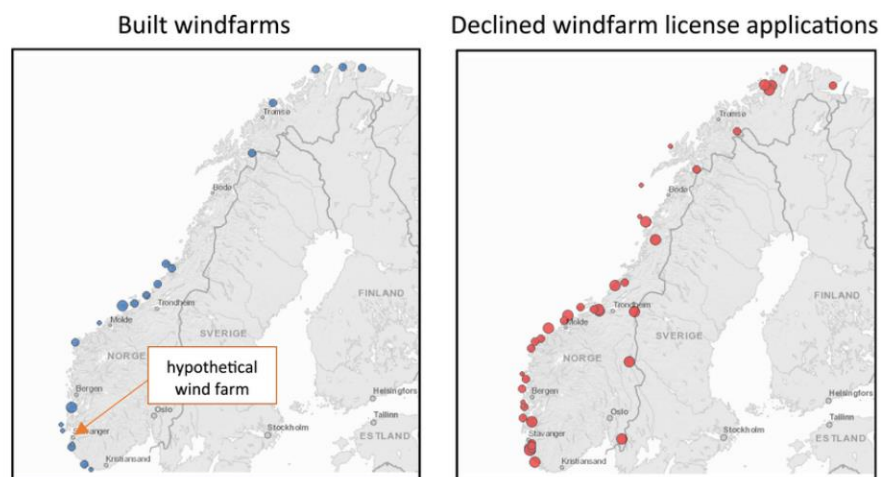
---

<sup>25</sup>Confer NVE's database on all existing and planned windfarm projects at <https://www.nve.no/konsesjonssaker-og-hoeringer/>

<sup>26</sup>Riska has about 6555 inhabitants and is one of the 13 administrative areas of Sandnes.

inhabitants and results from a small pilot survey with 31 respondents. We employed the professional survey company Ipsos to implement an on-line survey on a sample of households located in Sandnes. Our sampling strategy divided the population of Sandnes into two subpopulations: households living close to the wind farm (in Riska) and households living elsewhere (not in Riska). As discussed earlier, the former group (which has a much smaller population) was over-sampled as we sought to get sufficient variation in the data to investigate location effects. Virtually all households in Riska were contacted by phone, while recruitment of the remaining respondents was assisted by a random-dialing system. The questionnaire consists of three sections. The first section starts with demographic questions on general socio-economic characteristics, followed by warm up questions on general knowledge and perceptions of wind power. The second section contains the core of the questionnaire, namely the CE. It starts with a scenario description (see Annex) that contains two maps showing the location of the wind-park as well as written and graphic descriptions of the different attributes of the wind park and the compensation mechanisms that may be implemented. The scenario description makes it clear that the wind farm is hypothetical. It explains that the windmills to be used are 90 m high and that the visual impact they may have will depend on the number of windmills and how they are placed in the terrain. It also briefly mentions that larger wind farms emit more noise and have a greater impact on birds and other wildlife. The scenario is followed by 10 choice situations. The third section contains follow up questions related to the attributes used in the CE. Each choice situation consists of 2 alternatives, each one characterized by three characteristics: the number of turbines (visual impact), the level of deduction on household electricity bill (private compensation), and the size of community sports facility (public compensation. See Fig. 2 for an example of a choice situation. Given the CE's focus on energy, a deduction of the electricity bill is an appropriate payment vehicle for private compensation. The decision on the type of public compensation was based on an analysis of local needs and a study of the municipality's budget plans. While local governments in Norway have sometimes provided local sports facilities of the type considered in our experiment, it is often the case that existing facilities get over-crowded in peak-hours and the installations and equipment are old -the sports facility is an impure public good but the comparisons public vs private compensation remains. Construction of the wind project was an alternative in all the choice sets. This design feature emerged from the pilot study, which revealed that only one individual out of 31 preferred the status quo—i.e., no project. The

near universal choice for wind farm scenarios may be due to preferences, but considering decisions involving public interests are often centralized in Norway, it may stem from a desire to express preferences for an exogenously determined project. The levels of the private compensation attribute were 0, 400 and 800 NOK reductions in electricity bill per year per household for 20 years (1 USD =6.1 NOK at time of survey). The survey explains that 400 NOK and 800 NOK corresponds, respectively, to about 15% and 30% of the annual electricity expenditure of a typical Norwegian household. The levels of public compensation were no sports facility, small sports facility and medium size sports facility. To recreate the impact of the hypothetical interventions, Photoshop visualizations were used. These recreated what the wind farm would look like from road 516 as illustrated in Fig. 2. The levels of the wind farm development were 9 and 18 wind turbines.<sup>27</sup> With these three attributes and attribute levels, a total of 146 choice sets can be generated. The choice sets were drawn using a complete enumeration method - that optimizes orthogonality while ensuring balance and minimizing overlap.



**The size of the blue and red circles indicate the generating capacity of the wind farm project: small (<10 MW), medium (10 – 100 MW) and large capacity (>100 MW)**

**Fig. 1.** Location of windfarms in Norway (and location of hypothetical windfarm). Built windfarms. Declined windfarm license applications. The size of the blue and red circles indicate the generating capacity of the wind farm





<sup>27</sup>Using information from recently built wind farms in Norway (Vindportalen, 2015) a wind farm consisting of 9 wind turbines would have a capacity of about 30 MW, and can provide 4000 households with electricity. With a 25% utilization rate the windfarm can produce 65 GWh (=30 MW \*[8760 h]\*[0.25]\*[1 GW/ 1000 MW]) which would be enough to supply 4000 Norwegian households with electricity (=65 GWh \*[1'000000 KWh /1 GWh]\*[ 1/16000 KWh] households.

project: small (100 MW).Source: Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE): <http://gis3.nve.no/link/?link=vindkraftverk>The maps were retrieved in January 10, 2016

### Econometric model

The CE experiment methodology relies on the idea that individuals derive utility or satisfaction from the attributes of a good (or an alternative), rather than utility from the good itself (or the alternative itself). This approach to consumer theory was first introduced by Lancaster (1966) and, was later operationalized in econometrics in the Random Utility Model (RUM); McFadden (1974). Using a RUM approach, we assume that the utility of household from choosing alternative in choice set is given by the following linear relation:

$$\begin{aligned}
 V_{hkn} = & \alpha_h \times \# \text{ WIND TURBINES}_{kn} + \beta'_h \\
 & \times [D_h \times \# \text{ WIND TURBINES}_{kn} + \gamma_h \times [Y_h \\
 & \quad + \text{PRIVATE COMPENSATION}_{kn}]] \\
 & + \delta_h \times \text{PUBLIC COMPENSATION}_{nkn} + \varepsilon_{hkn}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Alternative A	Alternative B
Electricity rebate: 400 NOK per Year	Electricity rebate: 800 NOK per Year
Number of Windmills: 9 	Number of Windmills: 18 
Sports facility: Small 	Sports facility: Medium 
<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

**Fig. 2.** Example of a choice situation. Which of the following options would you choose in the hypothetical situation where the establishment of a wind park in Sandnes is being considered? Select by pressing one of the buttons below: Note: The Annex contains the scenario description that was presented to the respondent.

The first two terms indicate the household's (dis)utility from wind farming is a function of the number of wind turbines deployed and other observable factors included in vector  $D_h$ . Specifically,  $D'_h = [d1_h, d2_h]$  where  $d1_h$  takes the value of 1 when the household is located in the proximity of the wind farm, that is in Riska, and  $d2_h$  is 1 when the household uses the development area for recreational purposes. Using a similar notation we have that  $\beta'_h = [\beta1_h, \beta2_h]$ . The third term represents private consumption and has two components: household's income  $Y_h$  and private compensation in terms of reduction of the household's electricity bill. The fourth term represents the utility derived from the consumption of a public good, or public compensation which in our case takes the form of a sports facility. The stochastic component  $\varepsilon_{hkn}$  is assumed to be i.i.d. and to follow a type 1 extreme value distribution. We implement a random parameter logit (RPL) model that controls for unobserved household heterogeneity by allowing the set of parameters  $\beta_h$  to vary. The basic presumption is that there is heterogeneity in preferences for wind farming that we are not explicitly controlling for; e.g. Carlsson et al. (2010) and Cherry et al. (2014). Household  $h$  chooses alternative A over alternative B whenever  $V_{hAn} > V_{hBn}$ . The model was estimated using simulated maximum likelihood with Halton draws with 500 replications (see Train, 2003). The econometrics package used was NLogit5.

We estimate the marginal WTA for compensation as the ratio of the relevant attribute coefficients and the marginal utility of income (Hanemann, 1984). Specifically,

We estimate four Marginal WTA terms for private compensation, depending on whether the household is located in Riska ( $d1=1$ ) or not ( $d1=0$ ) and on whether the household uses the area for recreational purposes ( $d2=1$ ) or not ( $d2=0$ ). Regarding public compensation we estimate two Marginal WTA terms as our choice experiment includes two types of sports facility, small and medium, and they are included in the econometric model as two dummies.

## Results

A total of 802 respondents completed the on-line survey, for an overall response rate of 41%. 208 respondents, 25.9% of the sample, were located in Riska and 594 in other areas of Sandnes



municipality. 41% of respondents were female while the educational attainment was 56% university or technical degree, 37% high school, 5% secondary school (1% did not respond).<sup>28</sup> Before a brief introduction to wind energy was provided, individuals were asked about their knowledge of wind energy. 73% of respondents stated that they understood wind energy well or very well, 25% stated that they did not understand it very well, and 2% did not understand it at all. While 24% of the sample indicated to be very worried about global warming, 51% indicated to be a little worried.<sup>29</sup> 92% of respondents stated that they were either always or sometimes in charge of paying the electricity bill in their household, suggesting a high degree of familiarity with the payment vehicle used for private compensation. Table 1 presents descriptive statistics of the variables used in the empirical analysis. Respondents living in Riska chose the smaller wind park (9 wind mills) over the larger wind park (18 wind mills) more often than respondents located in other areas. 56% of the respondents use the area where the wind park would be located for recreational purposes such as hiking. While 68% of the residents of Riska stated that they used the area for recreation, 52% of the residents of Sandnes not living in Riska also did so. This implies that 71% of the sample is directly affected by the hypothetical wind farm in the sense that they either live in the neighboring area and/or use it for recreation. The data reveals that those living in Riska chose alternatives with lower compensation slightly more often than those not living in Riska. However, this cannot be taken as evidence that they would demand lower compensation for a given intervention. As stated above, these households tended to choose options with the smallest wind park development.

### **RPL estimations**

Table 2 presents results for the RPL model. The CE was generic and the only alternative specific parameter in the model was a constant for alternative A, which always appeared on the left hand side of the choice set. The constant parameter turned out to be positive and significant indicating that individuals tended to choose this alternative more often. All the attributes have a significant

---

<sup>28</sup>According to Statistics Norway the percentage of the population in Sandnes (above 16 years old) in 2015 having higher education (long or short university/ college education) is at 32.7%. Thus, there is some bias towards higher education among the respondents. This points out that, as with other online surveys and convenience samples, the survey sample may not be representative of the population along some dimensions. This may affect the absolute point estimates but should not affect the results of interest—the treatment effects and the relative comparison between private and public compensation

<sup>29</sup>83% of respondents stated that wind energy was important for Europe while only 68% stated that it was important for Norway. Although no question regarding the importance of wind energy for Sandnes was asked, it seems reasonable to expect lower figures in this case.

effect on choice in the expected direction while two out of three random parameters were significant. Estimation results show that Sandnes residents prefer wind parks with a lower number of windmills and less visual impact. Preferences, however, vary depending on where the household is located in relation to the wind park and on whether respondents make use of the intervention area for recreational purposes. In particular, those living nearby the wind farm (in Riska) and/or those using the intervention area for recreational purposes expressed stronger preferences against the proposed wind park. At the same time, the parameters of the two suggested compensation mechanisms, namely the electricity bill rebate and the provision of a local public sports facility, are positive and significant. Respondents would thus allow relatively more intrusive wind farm developments if sufficient compensation is provided.

**Table 1**  
Descriptive statistics. N=802.

Variable	Description	Mean (Standard deviation)		
		Riska N=208	No Riska N=594	Pooled sample N=802
# of Wind Turbines	Number of wind turbines Levels: 9,18	11.41 (3.99)	12.40 (4.36)	12.14 (4.29)
Riska	1 if household is located nearby wind park	1 (0)	0 (0)	0.259 (0.43)
Use area	1 if respondent uses win-park area for recreational purposes such as hiking	0.690 (0.46)	0.522 (0.500)	0.566 (0.496)
Rebate	Yearly electricity rebate Levels: 0, 400, 800 [NOK/yr]	434 (324)	448 (319)	445 (320)
Sports facility small	1 if small size sports facility provided	0.348 (0.477)	0.343 (0.475)	0.345 (0.475)
Sports facility Medium	1 if medium size sports facility provided	0.382 (0.486)	0.400 (0.490)	0.394 (0.488)

**Table 2**  
Results of the random parameter logit model.

Description	Coefficient	Standard error
Constant	0.06830**	0.02974
# of Wind Turbines	-0.03970***	0.00513
# of Wind Turbines×Riska	-0.07441***	0.01952
# of Wind Turbines×Use area	-0.06509***	0.01269
Rebate	0.00078***	0.00008
Sports facility medium	0.75626***	0.07504
Sports facility small	0.47167***	0.05647
<i>Coefficient standard</i>		
# of Wind Turbines	0.01296	0.12477
# of Wind Turbines×Riska	0.10197*	0.05987
# of Wind Turbines×Use area	0.14505***	0.03845
Pseudo R-Square	0.131	
Number of observations	7990	

Note.

\* Significant at 10% level.

\*\* significant at 5%.

\*\*\* significant at 1%.

## Willingness To Accept (WTA) wind farming

Tables 3, 4 present estimated WTA wind farming in terms of private compensation (NOK/year) and in terms of public compensation (sports facility). Standard errors were calculated using the delta method. Table 3 shows that the mean WTA an extra wind turbine in the proposed intervention area is 50.84 NOK per year. This figure applies to individuals that neither live in the nearby area of Riska nor use the affected area for recreational purposes and thus provides an indication of the non-use value of the intervention area to the individual. It should however be noted that most Sandnes residents would occasionally get to see the effects of the wind park on local landscapes, in particularly when traveling to the northern part of the municipality. As mentioned earlier the wind park lies only 10 Kms north of the most densely populated area in the Sandnes municipality. If the individual uses the area for recreational purposes (but does not live in Riska) the WTA more than doubles to 134.2 NOK per year. If the respondent lives in the Riska area (but does not use the area for recreation) the WTA is somewhat larger, 146.13 NOK per year. Notably the welfare losses experienced by a recreational user and by a local resident are of the same order of magnitude. The result suggests that the deployment area provides significant recreational services to Sandnes residents and it points to the need to consider factors that go beyond proximity to the intervention area in welfare analyses of wind farming. When the individual both lives in Riska and uses the area for recreational purposes the mean WTA is 229.49 NOK per year, or about 4.5 times the WTA of Sandnes residents that neither live in Riska nor visit or use the area for recreation. This finding provides an estimate of the ratio between the use and the non-use value of the intervention area to the average Sandnes resident.

**Table 3**  
Mean Marginal WTA [NOK / Year / Household].

Description	Coefficient	Standard error
# of Wind Turbines	-50.84***	6.611
# of Wind Turbines × Riska	-95.29***	21.576
# of Wind Turbines × Use area	-83.36***	13.350
Sports facility medium	968.46***	80.106
Sports facility small	604.02***	64.230

Note: \*Significant at 10% level;\*\*significant at 5%.

\*\*\* significant at 1%

**Table 4**  
MRS Wind Turbines – Public Compensation.

Description	Coefficient	Standard Error
Sports facility medium	-0.0525***	0.00651
Riska	-0.0984***	0.02216
Use area	-0.0861***	0.01356
Sports facility small	-0.0842***	0.01185
Riska	-0.1578***	0.03732
Use area	-0.1380***	0.02354

Note: \*Significant at 10% level;\*\*significant at 5%.

\*\*\* significant at 1%.

The lower panel of Table 3 shows measures of WTA in terms of local public sports facility. The two parameters are positive, indicating that this attribute increases individual utility. While the focus of this article is not on these parameters, they offer some insights on whether estimates are reasonable. The sports facility was described as containing a sports field and a gym. The results reveal that respondents, on average, would forgo 968.46 NOK per year to have access to a medium size sports center and 604.02 NOK per year to have access to a small size sports facility. These figures compare favorably to actual gym membership prices. A one-year subscription in a large and fully equipped gym in Sandnes costs about 3000 NOK per year, is consistent with the estimate after considering that our estimates reflect the entire population while membership prices reflect only the residents with the highest values for participation. Since the sports facilities were presented in very general terms in the scenario description, individuals might have also been uncertain about the quality of equipment and service as well as the actual location of the facility. We also note that the attribute sports facility (medium size) was the only attribute with relative large and significant taste heterogeneity; see Table 1. Table 4 shows that Sandnes residents not living in the Riska area and who do not use the intervention area for recreational activities, would accept the deployment of an extra wind turbine for 5.3% (8.4%) of a medium (small) sports facility. If the respondent uses the area for recreational purposes (but does not live

in Riska) he or she would demand 13.9% (22.2%) of a medium sports facility. As a reflection of the fact that the welfare losses of local residents and of recreational users are similar, we find that when the respondent lives in Riska (but does not use the area for recreational purposes) he would demand 15.1% (24.2%) of a medium (small) sports facility. If the individual both lives in Riska and uses the area for recreation he would demand 23.7% of a medium sports facility and 38% of a small sports facility. As expected, the group that is most impacted by the windfarm demands the highest levels of provision of the local public good. To draw some comparisons between private and public compensation mechanisms, we monetize the alternatives using some simple calculations (see Table 5). Constructing (including land purchase) and equipping a medium (small) size sports facility in Sandnes would cost around 60 (25) Million NOK -this cost estimate is based on investment plans for sports facilities (halls) of various sizes in a number of Norwegian municipalities. Assuming a standard 20 year operating period with annual operation costs of 3% of initial overnight costs and an annual 3% discount rate, the cost of a medium (small) size sports facility is 5.7 (2.4) million NOK per year. With 23,966 households in Sandnes, the cost per household of a medium (small) facility is 238 (100) NOK per year. From the results, Riska residents (the group most negatively affected) are willing to accept 23% (38%) of a medium (small) sports facility for the deployment of an extra wind turbine. Thus, numbers suggest the cost of providing the marginal increment of a medium (small) facility to offset the deployment of an additional wind turbine is about 59.5 (33.4) NOK per year. Table 5 shows that WTA in terms of private compensation is typically higher than the WTA in terms of public compensation. Only the group of households living outside Riska that do not use the deployment area for recreation have a lower WTA in terms of private compensation than in terms of public compensation in the form of a medium size sports facility. The apparent preference of public over private compensation is reinforced by the fact that while the estimated private compensations would leave all groups of residents indifferent, public good compensation would leave recreational users living in Riska indifferent while all other Sandnes residents would be better off.

## Conclusion and policy implications

In this study we used a stated preference approach to examine the welfare impacts of wind farming in the municipality of Sandnes, Norway. We found that the welfare loss experienced by a household located in the vicinity of the wind farm (<4km) is only slightly higher

**Table 5**  
WTA an extra wind turbine [NOK/Year/household].

	Riska	No Riska
<i>Private compensation</i>		
Use area	229.49 [n=1486]	134,20 [n=11326]
Don't use area	146.13 [n=699]	50,84 [n=10455]
<i>Public compensation - medium size sports facility</i>	59.50 [n=23966]	
<i>Public compensation - small size sports facilities</i>	33.40 [n=23966]	

**Note:** WTA measures for private compensation are derived from Table 3 estimates while those for public compensation use Table 4 estimates, population data and costs of providing sports facilities of two sizes.

than that experienced by a household who uses the deployment area for recreational purposes (but lives farther away from the deployment site, typically >10 km, or local recreational users). About 35% of the welfare losses experienced by these two types of households are non-use values. Our results highlight that while there has been an emphasis on impacts on local communities, non-NIMBY (not-in-my-back yard) factors such as recreational and non-use values may be significant and should be given explicit consideration in the welfare analysis of wind farming.

These results are based on willingness to accept measures that are typically used in the environmental valuation literature. We have emphasized and explored the possibility that compensation does not have to be restricted to individual payments (or private compensation). It may also take the form of providing a local public good (or public compensation). We found that local residents would trade lower levels of private compensation for higher levels of provision of

a local public sports facility. Further, the cost of compensating for people's welfare loss from an extra wind turbine in terms of the local public good appears to be generally lower than in terms of private compensation.

The result is particularly important as it suggests that welfare measures derived in the environmental valuation literature, may over-estimate local resistance to wind energy development. Among the reasons why compensation in the form of a local public good should be given explicit consideration as a form of compensation in wind farming include: 1) Local public goods are often under-supplied and have the potential to generate considerable individual and communal welfare gains. 2) Reparation may be more acceptable to some people if the compensation is in similar terms as the harm -public goods – being collective - are more similar to environmental goods than private payments-. 3) Open availability to the community of local public facilities allows coverage of a large number of households. 4) Wind energy developers may serve as possible facilitators in the process of coordinating contributions to a local public good or service. Based on the significant economic, social and ethical considerations involved in the choice between providing private or public compensation, we believe the issue should be explored further. While our study represents a step forward in our understanding of compensation mechanisms in wind energy deployment, it has some limitations. Our estimates are affected by the particular context in which the study was carried out. An important share of additional renewable energy produced in Norway will be exported to Europe and opposition to development plans is particularly high among certain groups. In countries and regions where renewable energy is to be used locally to a larger extent, residents may be more prone to support deployment plans. Thus in order to have a more complete picture on the trade-offs between private and public compensation, it is important to undertake similar studies also in other relevant contexts. Our study used a rather neutral scenario description. It would be interesting to investigate how the results would change when different framings, e.g. an environmental or pro-social frame, are considered. How private and public compensation compare with complementary approaches, such as those including community ownership of shares in the wind projects, may be addressed in future studies. Future efforts may also consider the interplay between compensation mechanisms and the ethical considerations that often exist processes and decisions.

## **Uncited references**

(Bergmann et al., 2008, 2006; Cherry et al., 2013; Kunreuther, Easterling, 1996; Devine-Wright, 2004; Energiteknikk, 2012; IEA, 2011; Krueger et al., 2010; Lancaster, 1966; Lang et al., 2014).

## **Acknowledgments**

We would like to thank two anonymous referees for insightful comments and suggestions. We have also benefit from discussions with Robbie Andrew, Claudia Aravena, Erik Griffin, Ole Lien, Martine Visser and Mark Zuidgeest. Research assistance from Eilif Reed and Paolo Zupin is gratefully acknowledged. This research was financed by the Research Council of Norway.

## **ANNEX. Scenario description**

First screenshot

This section introduces a hypothetical case of a wind farm that is to be built in Sandnes municipality. After an introduction of the hypothetical wind farm, you will be asked to make a number of choices where the characteristics of the wind farm vary. The wind farm is to be located in the northern part of the municipality (see the red star below). Due to favorable wind conditions, the wind farm is to be placed in a steep area to the east of Frøylandsvatnet.



### Location of wind farm



### *Visual impact*

The windmills to be used are 90 m tall. The visual impact will depend on the number of windmills and the way they are sited in the landscape. Two alternative development plans are under consideration: The first plan contains 9 windmills with a relatively small visual impact, whereas the second plan contains 18 windmills and has a greater visual impact. Larger wind farms are typically noisier and have higher impacts on birds and other wildlife.

### *Second screenshot*

The following three pictures show the view from highway 516 without a wind farm, with a small wind farm (with 9 wind turbines) and a large wind farm (with 18 windmills). The pictures were

taken one kilometer from the site of the wind farm. [The three pictures were included in the survey. See Fig. 2 for two sample pictures.]. [A map similar to that in Figure B above showing where the pictures are taken from was included.].

### *Third screenshot*

#### Compensation

Wind farms could be well visible in the landscape. In order to compensate the residents of Sandnes for any negative effects that might arise from a wind farm, two compensation mechanisms may be implemented:

a) A yearly electricity bill rebate to each household. The electricity bill will be reduced by a fixed amount every year for the following 20 years. The household electricity bill can be reduced by: 400 NOK per year. 800 NOK per year. For an average Norwegian household consisting of 4 people the amounts correspond to around 15% and 30% of the total annual grid rental.

a) The construction of a sports facility for the residents of Sandnes. The sports facility will consist of sports-field and a gym. The sports facility can be of two different sizes: Small: A small sports-field and gym. Medium: A medium size sports-field and gym. [Sports icons were included in the survey as visual aid. See Fig. 2].

### *Fourth screenshot*

We would like to study your attitudes towards the construction of a wind farm as described above. In what follows you will be presented with 10 different choice situations. In each choice situation we will ask you to choose between two alternatives for constructing the wind farm. The two alternatives vary with regard to size of the wind farm and the level of compensation to your household and your community. Some alternatives will not offer compensation.

After you have chosen between one of two alternatives for construction, you will be asked whether you would accept the development as described in the alternative you chose. Important: Please treat each choice situation as being independent from the others.

## References

Álvarez-Farizo, B., Hanley, N., 2002. Using conjoint analysis to quantify public preferences over the environmental impacts of wind farms. An example from Spain. *Energy Policy* 30, 107–116.

Aravena, C., Martinsson, P., Scarpa, R., 2014. Does money talk? The effect of a monetary attribute on the marginal values in a choice experiment. *Energy Econ.* 44, 483–491.

Bergmann, A., Colombo, S., Hanley, N., 2008. Rural versus urban preferences for renewable energy developments. *Ecol. Econ.* 65, 616–625.

Bergmann, A., Hanley, N., Wright, R., 2006. Valuing the attributes of renewable energy investments. *Energy Policy* 34, 1004–1014.

Carlsson, F., García, J.H., Löfgren, , 2010. Conformity and the demand for environmental goods. *Environ. Resour. Econ.* 47, 407–421.

Cass, N., Walker, G., Devine-Wright, P., 2010. Good neighbours, public relations and bribes: the politics and perceptions of community benefit provision in renewable energy development in the UK. *J. Environ. Policy Plan.* 12, 255–275.

Cherry, T., García, J.H., Kallbekken, S., Torvanger, A., 2013. The development and deployment of low-carbon energy technologies: the role of economic interests and cultural worldviews on public support. *Energy Policy* 68, 562–566.

Claro, E., 2007. Exchange relationships and the environment: the acceptability of compensation in the siting of waste disposal facilities. *Environ. Values* 16, 187–208.

Cowell, R., Bristow, G., Munday, M., 2011. Acceptance, acceptability and environmental justice: the role of community benefits in wind energy development. *J. Environ. Plan. Manag.* 54, 539–557.

IPCC, *Fifth Assessment Report (AR5). WG III (Chapter 7) Energy Systems.*

Kunreuther, H., Easterling, D., 1996. The role of compensation in siting hazardous facilities. *J. Policy Anal. Manag.* 15, 601–622.

Devine-Wright P., 2004 “Local Aspects of UK (renewable energy) (development: Exploring Public Beliefs and Policy Implications” Mimeo). Devine-

Wright, P., 2005. *Beyond NIMBYism: towards an integrated framework for understanding public perceptions of wind energy*. *Wind Energy* 8 (2), 125–139.

Devlin, E., 2005. *Factors affecting public acceptance of wind turbines in Sweden*. *Wind Energy* 29 (6), 503–511.

Ek, K., Persson, L., 2014. *Wind farms — Where and how to place them? A choice experiment approach to measure consumer preferences for characteristics of wind farm establishments in Sweden*. *Ecol. Econ.* 105, 193–203. *Energiteknik*,

2012 (<http://energinet.dk/SiteCollectionDocuments/Engelske%20dokumenter/Klimaogmiljo/Environmental%20report%20for%20Danish%20electricity%20and%20CHP%20-%20summary%20of%20the%20status%20year%202012.pdf>)

EWEA, 2014a *Wind in Power. The European Wind Energy Association*.

EWEA, 2014b *Wind Energy Scenarios for 2020. The European Wind Energy Association*.

Fischedick, M., Schaeffer, R., Adedoyin, A., Akai, M., Bruckner, T., Clarke, L., Krey, V., Savolainen, I., Teske, S., Ürge-Vorsatz, D., Wright, R., 2011. *Mitigation Potential and Costs*. In: *IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*. In: Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Seyboth, K., Matschoss, P., Kadner, S., Zwickel, T., Eickemeier, P., Hansen, G., Schlömer, S., von Stechow, C. (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.

Hanemann, M., 1984. *Welfare evaluations in contingent valuation experiments with discrete responses*. *Am. J. Agric. Econ.* 66, 332–341.

Gibbons, S., 2015. *Gone with the wind: valuing the visual impacts of wind turbines through house prices*. *J. Environ. Econ. Manag.* 72, 177–196.

Green R.Staffell I., 2014A *Green European Electricity Market: The role of cross-border trade*. *Mimeo*.

Gullberg, A.T., Ohlhorst, D., Schreurs, M., 2014. *Towards a low carbon energy future – Renewable energy cooperation between Germany and Norway*. *Renew. Energy* 68, 216–222.

Heintzelman, M.D., Tuttle, C., 2012. *Values in the wind: a hedonic analysis of wind power facilities*. *Land Econ.* 88, 571–588.

Hoen, B., Brown, J.P., Jackson, T., Thayer, M.A., Wiser, R., Cappers, P., 2014. Spatial hedonic analysis of the effects of US wind energy facilities on surrounding property values. *J. Real. Estate Financ. Econ.* 51, 22–51.

Hofstad K.Mølmann K.Tallhaug L., 2005Vindkraftpotensialet i Norge. Norges vassdrags- og energidirektorat. Oslo (<http://www.nve.no/Global/Publikasjoner/Publikasjoner%202005/Rapport%202005/Rapp%2017-2005.pdf>)

IEA, 2011 ([https://www.ieawind.org/annual\\_reports\\_PDF/2011/Norway.pdf](https://www.ieawind.org/annual_reports_PDF/2011/Norway.pdf))

IEA, 2013. WIND: 2013 Annual Report ([http://www.ieawind.org/annual\\_reports\\_PDF/2013/2013%20AR\\_small\\_090114.pdf](http://www.ieawind.org/annual_reports_PDF/2013/2013%20AR_small_090114.pdf))

IPCC, 2014. Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.*

Jensen, C.U., Panduro, T.E., Lundhede, T., 2014. The vindication of Don Quixote: the impact of noise and visual pollution from wind turbines. *Land Econ.* 90, 668–682

Krueger, A.D., Parsons, G.R., Firestone, J., 2010. Valuing the visual disamenity of offshore wind power projects at varying distances from the shore: an application on the delaware shoreline. *Land Econ.* 87, 268–283.

Lancaster, K.J., 1966. A new approach to consumer theory. *J. Political Econ.* 74, 132–157.

Landry, C.E., Allen, T., Cherry, T., Whitehead, J.C., 2012. Wind turbines and coastal recreation demand. *Resour. Energy Econ.* 34, 93–111.

Lang, C., Opaluch, J.J., Sfinarolakis, G., 2014. The windy city: property value impacts of wind turbines in an urban setting. *Energy Econ.* 44, 413–421.

NVE, 2013Energy (in Norway) (<http://www.nve.no/Global/Energi/Analyser/Energi%20i%20Norge%20folder/FOLDE2013.pdf>)

Sims, S., Dent, P., 2007. *Property stigma: wind farms are just the latest fashion*. *J. Prop. Invest. Financ.* 25, 626–651. Solli, J., 2010. *Where the eagles dare? Enacting resistance to wind farms through hybrid collectives*. *Environ. Polit.* 19, 45–60.

SunakY.MadlenerR., 2012. *The Impact of Wind Farms on Property Values: A Geographically Weighted Hedonic Pricing Model FCN Working Paper No. 3/2012*.

Toke, D., Breukers, S., Wolsink, M., 2008. *Wind power deployment outcomes: how can we account for the differences?*. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 12, 1129–1147

Train, K., 2003. *Discrete Choice Methods with Simulation*. Cambridge University Press, New York.

McFadden, D., 1974. *Conditional logit analysis of qualitative choice behavior*. In: Zarembka, P. (Ed.), *In Frontiers in Econometrics*. Academic Press, New York.

UNFCCC, 2015 *United Nations Framework Convention on Climate Change*. “Adoption of the Paris agreement”. FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1. (URL): (<http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf>)

Vindportalen, 2014 *Access In February 18, 2015* (<http://www.vindportalen.no/vindkraft-i-norge/prosjekter-til-behandling.aspx>)

Vindportalen, 2015 *Access In February 18, 2015* (<http://www.vindportalen.no/vindkraft-i-norge.aspx>)

Wiser, R., Yang, Z., Hand, M., Hohmeyer, O., Infield, D., Jensen, P.H., Nikolaev, V., O’Malley, M., Sinden, G., Zervos, A., 2011. *Wind Energy*. In *IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*. In: Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Seyboth, K., Matschoss, P., Kadner, S., Zwickel, T., Eickemeier, P., Hansen, G., Schlömer, S., von Stechow, C. (Eds.). USA: Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY.

LIGIA GÓMEZ

---

MSc. en Mercadeo

Docente

Universidad Santiago de Cali

Carlos Alberto Mina Varela<sup>30</sup>



### Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo identificar la percepción del consumidor de vegetales orgánicos versus vegetales convencionales y modelos econométricos aplicados para predecir la demanda de hortalizas orgánicas. Se utilizó un estudio cualitativo con 270 encuestas aplicadas a consumidores orgánicos y convencionales. El programa E-views de Econometría fue útil para analizar los comportamientos de demanda de tomate orgánico con 700 observaciones de datos. Los resultados muestran que el 45% de los encuestados consumieron para la salud, mientras que el 17% y el 16% consumieron para apoyar a los agricultores pobres y cuidar el medio ambiente. En el modelo econométrico del tomate orgánico se escogió un modelo lineal, donde se obtuvo un R cuadrado ajustado del 36,61%, lo que explica que el 36% de la compra en kilos se debe a una relación inversa entre precio y cantidad, se muestra también un comportamiento de inercia en los consumidores.

### Marco teórico

La CIAO establece para el año 2016, que los países de las Américas; plantean varios temas. Y manifiesta que “La agricultura orgánica mueve más de ochenta mil millones de dólares en los mercados, al tiempo que garantiza alimentos sanos, nutritivos e inocuos producidos en armonía

---

<sup>30</sup>Universidad Santiago de Cali. Grupo de Investigación GICONFEC

con el medioambiente.” (iica, 2016) Esta entidad busca generar competencias importantes en el proceso de agricultura orgánica y la forma de potencializarla.

Entonces, la agricultura orgánica es la forma idónea para mantener un suelo y un alimento totalmente sano; permitiendo la no afectación a la salud del hombre. La Agroecología nos proporciona herramientas para determinar cuál es el status actual de sostenibilidad de un ecosistema agrícola, o agroecosistema, cómo hacer la conversión de producción de alimentos y fibras hacia la sostenibilidad, y cómo mantener este status (Gliessman S. , 2001a.).

Adicionalmente, del artículo de la revista titulada “Perspectivas de la agricultura”; se extrae que, desde la perspectiva de la salud, “los individuos y las comunidades no puede separarse de la salud de los ecosistemas; y los suelos saludables producen cultivos saludables que fomentan la salud de los animales y las personas”. Que, desde la perspectiva ecológica “La agricultura orgánica debe lograr el equilibrio ecológico a través del diseño de sistemas agrarios, el establecimiento de hábitats y el mantenimiento de la diversidad genética y agrícola”. (IFOAM, 2017).

Desde el punto de vista del CAMBIO CLIMÁTICO Y LA AFECTACIÓN AGRÍCOLA, se analiza el documento titulado - Impactos del cambio climático y opciones de adaptación para la agricultura griega en 2021-2050: Una evaluación monetaria-. Donde enseña el impacto generado por la variabilidad del estado del clima y el costo-beneficio.

“(…) evaluación cuantitativa de los impactos del cambio climático a mediano plazo (2021-2050) y las posibles opciones de adaptación para cultivos seleccionados en Grecia que son importantes en términos de su participación en la producción agrícola nacional y el valor agregado bruto (...) También se examinan los efectos de las posibles opciones de adaptación sobre los rendimientos de los cultivos, para evaluar su atractivo económico y cuantificar sus efectos económicos directos esperados sobre los ingresos agrícolas.”. (Georgopoulou, y otros, 2017)



Dicha afectación, influye en los procesos productivos de las unidades familiares; que en su mayoría son las encargadas de dicha producción.

Además, el documento titulado - Impactos económicos del cambio climático en la agricultura: La importancia de otras variables climáticas distintas de la temperatura y las precipitaciones-; describe que dicho cambio, afecta a diversas variables que influyen en forma directa a los cultivos. En dicho informe se dice que:

“El cambio climático cambia las distribuciones de un conjunto de variables climáticas, incluyendo temperatura, precipitación, humedad, velocidad del viento, duración del sol y evaporación.(...) En general, la humedad tiene efectos beneficiosos sobre el crecimiento del cultivo, mientras que la velocidad del viento tiene efectos perjudiciales.”. (Zhang, Zhang, & Chen, 2017).

Y estos cambios climáticos, obligan a que los agricultores se adapten a estos nuevos procesos.

Desde la percepción del consumo de vegetales orgánicos, es importante tener en cuenta a las nuevas generaciones, que son las que posiblemente reconocen la afectación medio ambiental, causada por la civilización y crecimiento desmedido de las ciudades. En el documento titulado - La intención de los consumidores jóvenes de comprar productos ecológicos en una nación en desarrollo: Extender la teoría del comportamiento planificado-, se manifiesta que:

“El resultado sugiere que la intención de los consumidores jóvenes de comprar productos ecológicos puede ser predicha por la actitud, la norma subjetiva (presión social), perciben el control del comportamiento, la preocupación ambiental, así como el conocimiento ambiental. Preocupación medioambiental tuvo la influencia más significativa en la intención de compra del consumidor que muestra que los jóvenes indios también están preocupados por los temas relacionados con el medio ambiente y teniendo en cuenta al comprar los productos ecológicos como sus homólogos desarrollados”. (Yadav & Pathakb, 2016).

En otro estudio, se examina la influencia cultural de la confianza en la adopción de alimentos orgánicos por parte de los consumidores en Tailandia. Dicho estudio titulado - La Importancia de la Confianza del Consumidor para la Emergencia de un Mercado de Productos Verdes: El Caso de los Alimentos Orgánicos-. Donde se concluye diciendo que, “Las actitudes de los consumidores tailandeses hacia la compra de alimentos orgánicos dependen principalmente de lo saludables y ecológicos que creen que son los alimentos orgánicos”; e igualmente se continúa mostrando que:

“El análisis de regresión muestra una fuerte relación entre la intención conductual y el comportamiento de compra con respecto a los alimentos orgánicos. Después de controlar las intenciones de compra, la desconfianza en la autenticidad de los alimentos vendidos como alimentos orgánicos tiene un impacto negativo significativo en el comportamiento de compra auto-reportado”. (Nuttavuthisi & Thøgersen, 2015).

La afirmación anterior, es soportada por el hecho que los consumidores no generan asociación desde el punto de vista conceptual y psicológico, acerca de la palabra -orgánico"- que en la medida que este término sea más asociativo a términos saludables, tanto en salud como medio ambientales. Generaran una mayor aceptación al consumo de productos cultivados con este sistema.

Por todo lo anteriormente expuesto, se considera importante como objetivo principal del trabajo; determinar el comportamiento de la demanda de vegetales orgánicos y como objetivos específicos: 1 Identificar la percepción del consumidor frente a los vegetales orgánicos vs convencionales y

2 Aplicar modelo econométrico para el pronóstico de la demanda del tomate orgánico.

## **Metodología**

En la ejecución del objetivo 1 se plantean las consideraciones que se tienen en cuenta en el diseño de la herramienta de recolección donde se aplicó una encuesta a 276 personas en los almacenes de cadena y mercados orgánicos, a consumidores de vegetales orgánicos y consumidores de vegetales no orgánicos. Se utilizó el programa SPSS. Para la realización del

objetivo 2 se utilizó el programa de Econometría E-views a través del cual se realizaron análisis de comportamientos de demanda del tomate orgánico. Se utilizaron 700 datos de un importante almacén de cadena donde se observaba la compra diaria de tomate orgánico comprendida entre el periodo 2015 y 2016 aplicando la teoría de mínimos cuadrados.

## Resultados

Análisis de la percepción del consumidor frente a los vegetales orgánicos. La población de la muestra de estudio se distribuye según género en un 37% hombres y un 63% mujeres. Ello puede estar representando que el sexo masculino es un elemento significativo a la hora de tomar decisiones asociadas a la compra y al consumo de los productos en estudio (productos orgánicos).

De igual manera, se muestra la distribución según estrato social. Entre el estrato 2 y 5, se halla el 80% de la población de la muestra, siendo el estrato 3 el de más alto registro 37%.

En cuanto a las razones que motivan las preferencias de quienes consumen productos orgánicos, la variable o la razón que más pesa es la salud; es decir, hay una asociación muy fuerte entre la salud y el consumo de productos orgánicos, esa relación es fuerte y ello es indicativo de oportunidad para el desarrollo de este tipo de productos a nivel de la región. Ver la tabla No 1

*Tabla No 1. Razones o Motivos de la Preferencia por el consumo de Productos Orgánicos*

	Motivos del Consumo	Conteo	Participación
Razón 1	Apoyo al uso de semillas	29	11,5%
Razón 2	Apoyo al campesino	43	17,1%
Razón 3	Cuidado al medio ambiente	42	16,7%
Razón 4	Procedencia campesina	24	9,5%
Razón 5	Por razones de salud	114	45,2%

Fuente: Elaboración propia

Después de la salud también es importante destacar la importancia al cuidado del medio ambiente que el consumo de orgánicos implica, por lo tanto se percibe una conexión muy fuerte entre los consumidores que el consumo de estos productos tiene impacto positivo como contribución al problema global del medio ambiente. Existe también un marcado apoyo de solidaridad por el campesino colombiano, y este consumo es un apoyo a esta industria. Es recomendable conocer en un estudio las características de la producción de este tipo de productos, para lograr inducir esa correlación de “solidaridad” al productor.

Aplicación del modelo econométrico para la demanda del tomate orgánico. Dada las características de las series se ha establecido un modelo lineal de la siguiente forma: se trata de un modelo logarítmico lineal.

$$\ln(kilos) = c + \ln(precios) + \ln(kilos(-1))$$

En donde la variable  $\ln(kilos)$  = la demanda de tomate orgánico en Kilos

$\ln(precios)$  = precio del Kilo de Tomate

$\ln((kilos)(-1))$  = cantidad de kilos en un periodo t-1

Dado lo anterior, se espera que la demanda en Kilos responda al precio e igualmente también responda a su propia tendencia, que dada las características del producto y los atributos del consumidor pareciera ser lo más apropiado. Ver tabla 2

*Tabla 2. Modelo de demanda del Tomate orgánico*

Dependent Variable: LOG(KILOS)

Method: Least Squares

Date: 05/15/16 Time: 19:04

Sample (adjusted): 1/02/2014 1/07/2016

Included observations: 736 after adjustments

HAC standard errors & covariance (Bartlett kernel, Newey-West fixed

bandwidth = 7.0000)

---

---

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	19.17931	6.373559	3.009200	0.0027
LOG(PRECIOS)	-2.075875	0.771318	-2.691335	0.0073
LOG(KILOS(-1))	0.544772	0.036899	14.76389	0.0000

---

---

R-squared	0.367834	Mean dependent var	4.481157
Adjusted R-squared	0.366109	S.D. dependent var	0.979425
S.E. of regression	0.779791	Akaike info criterion	2.344487
Sum squared resid	445.7185	Schwarz criterion	2.363242
Log likelihood	-859.7711	Hannan-Quinn criter.	2.351720
F-statistic	213.2529	Durbin-Watson stat	2.083273
Prob(F-statistic)	0.000000	Wald F-statistic	114.1509

Prob(Wald F-statistic) 0.000000

---

---

*Fuente: cálculos de estudio. Salida de Eviews*

El modelo de demanda muestra ajuste, e indica que efectivamente la demanda de tomates orgánicos en estudio responde al precio y muestra la relación inversa entre precio y cantidad. De igual forma, se evidencia que la demanda tiene un factor “inercial” en la compra, es equivalente a decir que los compradores del producto han entrado en una “fase de acostumbramiento o tendencia” y que por lo tanto siguen y seguirán comprando el producto.

## **Conclusiones**

La mayoría de personas en estudios anteriores con grupo focales consume vegetales orgánicos por salud y las personas que han sido criadas en fincas son más propensas a consumirlo y a cuidar el medio ambiente

En este estudio en la encuesta se observa que el 45% de los encuestados lo hace por salud mientras que un 17% y un 16 % los consumen por apoyo al campesino y medio ambiente.

En el modelo econométrico del tomate orgánico se escogió un modelo lineal donde se obtiene un R cuadrado ajustado de 36,61 % lo que explica que un 36 % de la compra en kilos es debido a una relación inversa entre precio y cantidad, donde también se muestra una inercia.

## Bibliografía

- Georgopoulou, E., Mirasgedis, S., Sarafidis, Y., Vitaliotou, M., Lalas, D., Theloudis, I., . . .  
Zavras, V. (23 de febrero de 2017). Climate change impacts and adaptation options for  
the Greek agriculture in 2021–2050: A monetary assessment. *Climate Risk Management*,  
1-19. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.crm.2017.02.002>
- Gliessman, S. (2001a.). *Agroecología: Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible*. Turrialba,  
.: CATIE. Recuperado el 12 de abril de 2017
- IFOAM. (00 de 00 de 2017). *ifoam.bio*. Recuperado el 30 de abril de 2017, de  
[http://www.ifoam.bio/sites/default/files/poa\\_spanish\\_web.pdf](http://www.ifoam.bio/sites/default/files/poa_spanish_web.pdf)
- iica (2016). AgroEnlace: La agricultura orgánica en las Américas [Grabado por iica]. na, na, na.  
Recuperado el 12 de abril de 2017, de <http://www.iica.int/es/audio/agroenlace-la-agricultura-org%C3%A1nica-en-las-am%C3%A9ricas>
- Nuttavuthisi, K., & Thøgersen, J. (25 de enero de 2015). The Importance of Consumer Trust for  
the Emergence of a Market for Green Products: The Case of Organic Food. *XIV  
International Business and Economy Conference (IBEC) Bangkok, 140*, 323–337.  
doi:DOI 10.1007/s10551-015-2690-5
- Yadav, R., & Pathakb, G. (01 de noviembre de 2016). Young consumers' intention towards  
buying green products in a developing nation: Extending the theory of planned behavior.  
*Journal of Cleaner Production, 135*, 732-739. doi:[https://doi-  
org.usc.elogim.com:2443/10.1016/j.jclepro.2016.06.120](https://doi-org.usc.elogim.com:2443/10.1016/j.jclepro.2016.06.120)
- Zhang, P., Zhang, J., & Chen, M. (mayo de 2017). Economic impacts of climate change on  
agriculture: The importance of additional climatic variables other than temperature and  
precipitation. *Journal of Environmental Economics and Management, 83*, 8-31.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.jeem.2016.12.001>

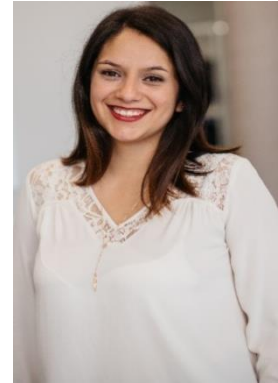
CLAUDIA GARCÍA<sup>31</sup>

MSc. en Innovación y Gestión Tecnológica

Consultora

Fundación para el Desarrollo Sostenible de las Américas

Steve Cayzer<sup>32</sup>



**Abstract.** Colombia, like many low and middle-income countries, has historically been largely dependent on the predominant linear economic model, using its extensive natural resources to create wealth. However, current environmental problems and global economy deceleration are challenging the country to find new ways to grow the economy without harming the environment. The circular economy (CE) seems to be a promising model to achieve this goal by reducing dependency on non-renewables, improving competitiveness through innovation and - generating new and rewarding jobs. This paper explores the enablers that would facilitate the transition towards a CE in Colombia given its specific circumstances such as development gaps in infrastructure and a large informal sector involved in recycling. An enabling framework is proposed based on the literature and validated by expert input. This framework is used as a baseline to assess the current state of CE in Colombia and to identify the main interventions that are required to support a transition towards a more circular economy. The assessment shows that Colombia does not yet have the right enabling conditions for a CE deployment. A number of opportunities are identified: greater political coherence; a suitable fiscal framework that promotes sustainable practices; a robust IT infrastructure; and use of ICT by enterprises to develop CE business models. Moreover, a safe and profitable recovery of materials requires discouraging the current practices of recycling. Finally, it is important to promote financing

---

<sup>31</sup>Consultant, Americas Sustainable Development Foundation, Email: [clgc20@bath.edu](mailto:clgc20@bath.edu)

<sup>32</sup>Senior Lecturer, University of Bath, Email: [s.cayzer@bath.ac.uk](mailto:s.cayzer@bath.ac.uk)



schemes and the development of design-led approaches to production among the industrial sector to foster innovation as a key building block of a CE. The findings of this paper are specific to Colombia, but have relevance for CE transitions in other low and middle-income economies.

### **Enabling Framework for a CE Transition in low and middle-income countries**

Current practical approaches to transition towards a CE have displayed relevant observations regarding the challenges and opportunities in this shift. As it has been pointed out in previous studies, this change starts by establishing the right enabling conditions to facilitate a CE deployment(Garcia Caicedo 2016). Thus, given the specific circumstances of low and middle-income countries, an enabling framework has been proposed and it represents the baseline to evaluate the Colombian's readiness to move to CE and to identify the main interventions that would facilitate this transition(Garcia Caicedo 2016). This framework was based on the available literature(Lieder & Rashid 2016; Ellen MacArthur Foundation 2015b) and, the insights from interviewing an international expert about the aspects that should be considered in the context of low and middle-income countries to accomplish any CE efforts. The interviewee has been contributing to the refinement of the CE theory in Europe and emerging economies.

Figure 1 presents the proposed enabling framework, specifying the enablers to make a circular economy transition possible in the context of low and middle-income countries. This framework has a systemic perspective by converging the interests and responsibilities of all the stakeholders (nations, governmental bodies, society and manufacturing industries), therefore the proposal reflects a concurrent top-down and bottom-up approach as suggested in previous studies(Lieder & Rashid 2016). Furthermore, the proposed framework considers particular features of the local context such as the lack of formal recycling activities (Gower & Schöder 2016; Egerton-Read 2016) and some development gaps in terms of technology and infrastructure(Garcia Caicedo 2016; Egerton-Read 2016).

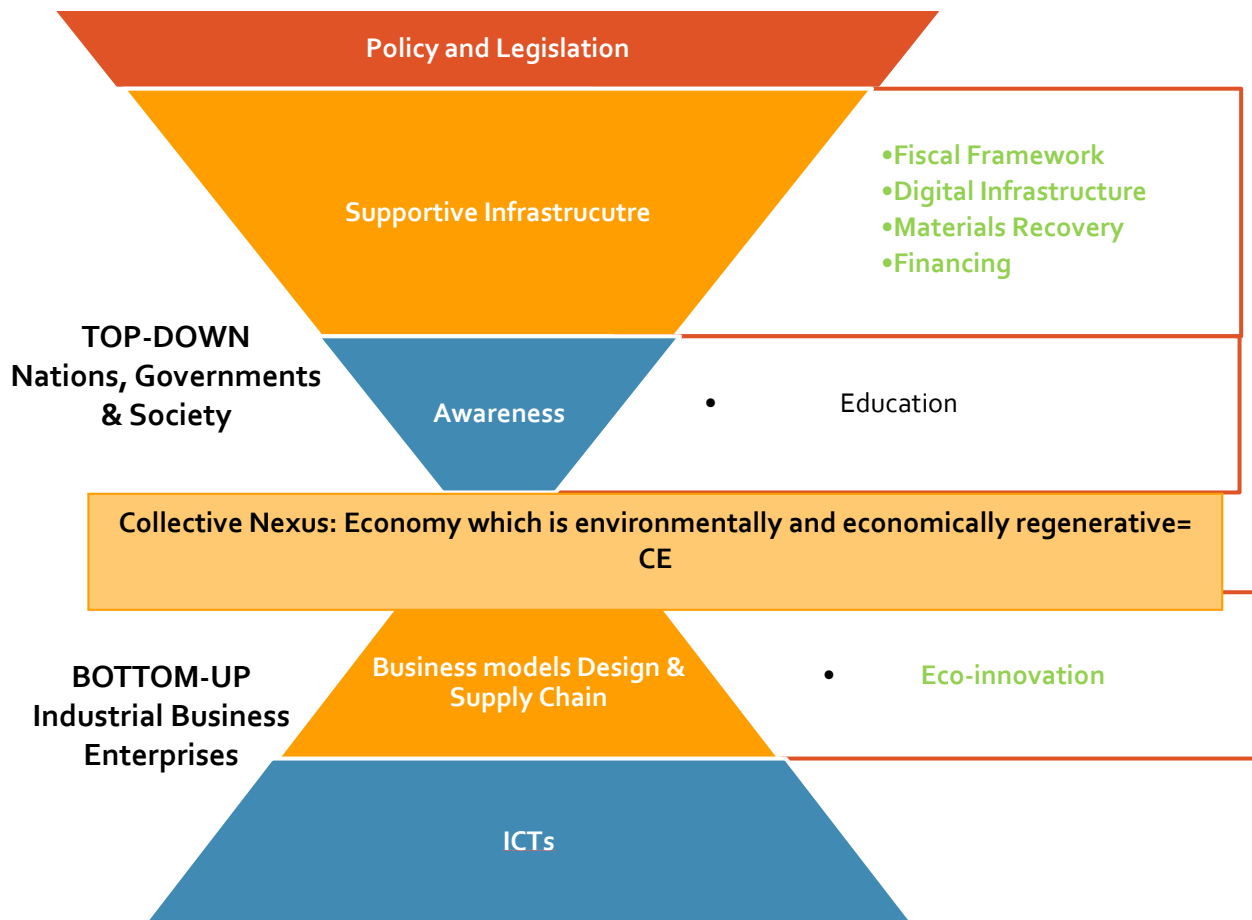


Figure 1 Enabling Framework for a Circular Economy Transition in Low and Middle-income Countries

In the top-down part of the framework, *laws and policy instruments* reinforce any approach to CE (Lieder & Rashid 2016; Stahel & Clift 2016). They are materialized by the establishment of a *support infrastructure* (Lieder & Rashid 2016) that includes a fiscal framework (Lieder & Rashid 2016; Ellen MacArthur Foundation 2015b; Stahel & Clift 2016), education (Ellen MacArthur Foundation 2015b), IT infrastructure, and a safe recovery of materials at the end-of-use (Garcia Caicedo 2016). Simultaneously, the bottom-up part of the framework emphasises support of new business models (Lieder & Rashid 2016; Stahel & Clift 2016). This rethinking of business models is related to the implementation of design-led approaches to production such as Cradle to Cradle® design (Garcia Caicedo 2016) and the design of supply chains able to support activities such as remanufacturing, refurbishment, repair, recycling and reuse (Lieder & Rashid 2016; Ellen MacArthur Foundation 2015b). Furthermore, it is very important to use extensively the ICTs to generate new business models and to develop effective forward and reverse supply chains (Lieder & Rashid 2016).

In detail, there are three important aspects to highlight in this framework and its implications in the context of low and middle-income economies. The first one is the adoption of sustainable taxation. This new fiscal structure encourages the generation of rewarding jobs to include the informal sector within the economy by reducing the taxes in the hiring process considering that human capital is a renewable resource (Preston 2012; Stahel & Clift 2016). Moreover, it protects the environment by taxing the extraction of non-renewables, the generation of waste and the emissions (Stahel & Clift 2016). Some of the drivers behind this enabler is to protect natural and human capital (Stahel & Clift 2016) as well as to facilitate the recovery of materials based on non-renewables since the taxes would make more valuable these materials promoting their recovery rather than their production (Stahel 2016). Other views state that this fiscal shift support a performance economy based on stocks management by no taxing value preservation activities such as repair or remanufacturing (Stahel & Clift 2016).

The second aspect is the need of a profitable and safe recovery of materials. The recovery activities within a circular economy are value-adding activities and they must ensure that the materials are neither hazardous nor toxic for the people who handle them (Garcia Caicedo 2016). Thus, it strongly discourages the current informal waste collection and recycling practices widely present in low and middle-income countries and that represent health risks for people involved in these activities (Garcia Caicedo 2016).

Finally, the importance of a robust IT infrastructure as an enabler of a CE is highlighted. The digital revolution must be embraced as a way to generate new business models that allow the circulation of value, such as product service systems, and the integration of more people into the economy through co-creation, for example. However, it is also pointed out that a digital revolution in a linear economy has been used as a way to reduce costs and to extract value by the use of robots and means to increase the productivity and, it can represent a risk for countries which are intensive in labor and do not have a clear strategy towards sustainable development (Garcia Caicedo 2016)

## Assessment of the CE Transition Readiness in Colombia

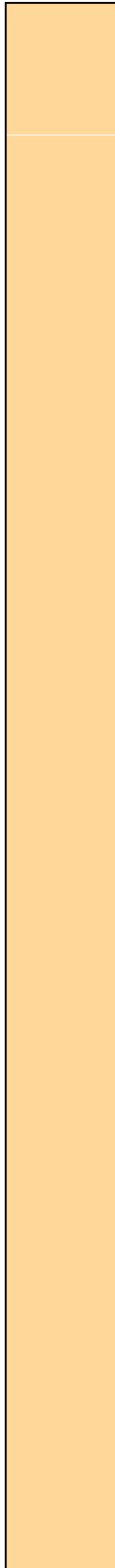
The proposed enabling framework was applied to the particular Colombian context in order to assess the CE transition readiness. The enablers presented in Figure 1 were evaluated through a review of the country’s policy landscape (Ellen MacArthur Foundation 2015a), some reports of the performance regarding sustainability (OCDE/ECLAC 2014), innovation and ICTs (OECD 2014; DNP 2014; Cornell University et al. 2016) and, the insights obtained from primary data through interviewing three experts working on sustainable development in Colombia. The interviewees perform in different sectors including education (AC1), environmental consultancy (CON1) and NGOs, some of them implementing Cradle-to-Cradle® strategies (NGO1) (Garcia Caicedo 2016).

The results of this assessment are summarised in Table 1. From this assessment, it was possible to identify the required interventions to facilitate a CE in the country. In particular, Colombia should support a more coherent environmental, economic and fiscal policies aligned to the CE principles. Moreover, it is important to continue the efforts towards the optimisation of the IT infrastructure and encouragement of digital entrepreneurship as well as the creation of strategies to promote a safe and profitable recovery of materials. Furthermore, it is necessary to reinforce the investment in innovation in the public and private sector, as a key lever of circular businesses. Apart from this, the effectiveness of current initiatives to advance a sustainable growth such as education and social awareness programs should be assessed (Garcia Caicedo 2016).

**Table 1 Circular Economy Readiness Assessment in Colombia**

	Enablers	Assessed Implications	Main insights
Top-down	Legislation and Policy	National policies supporting a CE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• There is not a joint strategy to support a CE transition.</li> <li>• Conflicts of interest between the economic and environmental</li> </ul>

			<p>plans/policies of the country can hinder a CE transition</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>The country's dependency on the oil industry can represent a potential lock-in to transition towards a CE</li> </ul> <p><b>Sources:</b>(OCDE/ECLAC 2014)&amp; Interviews with AC1,NGO1,CON1</p>	
	Supportive Infrastructure	Fiscal Framework and Subsidies	<p>Tax shift from labour to resources</p> <p>Subsidies</p> <p>Tax incentives</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>High non-wage costs can hinder the generation of formal jobs required for a CE</li> <li>Low taxes perceived from the extraction of non-renewables compared to international standards</li> <li>Implicit subsidy for fossil fuels extraction and use</li> </ul> <p><b>Sources:</b> (OCDE/ECLAC 2014)</p>
		Education	<p>Integration of CE and systems-thinking in universities curriculums</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Exercises with university students have shown a lack of understanding of the basic concepts of CE such as systems thinking.</li> </ul> <p><b>Sources:</b> Interviews with AC1,NGO1,CON1</p>
		Financing	<p>Financial support for sustainable and CE initiatives</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>There are no financial schemes to support Circular Business Models</li> </ul>



		<p><b>Sources:</b>(OCDE/ECLAC 2014)&amp;Interviews with AC1, NGO1,CON1</p>
IT infrastructure	<p>4G and broadband infrastructure</p> <p>ICTs access</p> <p>ICTs use</p> <p><i>Supporting Sources:</i>EMF1</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>An increased quality of the broadband services is needed to develop third generation digital solutions for a CE, a larger coverage of the digital network and more ICTs appropriation among businesses and society.</li> </ul> <p><b>Sources:</b> (DNP 2014)&amp;(OECD 2014)</p>
Profitable and safe recovery of materials	<p>MSW management</p> <p>Hazardous Waste Management</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>The current system for the recovery of materials at the end-of-use is not formal and safe for people involved in these activities.</li> <li>Waste streams are mixed from the source and it is difficult to recover materials.</li> <li>Not well-developed markets for recovered materials</li> </ul> <p><b>Sources:</b>(OCDE/ECLAC 2014) and interviews with AC1, NGO1,CON1</p>

	Social Awareness	Public communication and information campaigns	<p>Low awareness of Circular Economy principles among private, public and academic sectors</p> <p><b>Sources:</b> interviews with AC1,NGO1,CON1</p>
<b>Collective Nexus: Economy which is environmentally and economically regenerative =CE</b>			
<b>Bottom-up</b>	CE Business Models, Design-led approach to production & Supply Chain	Eco-innovation and implementation CE business models implementation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Low private investment in R&amp;D activities</li> <li>• Lack of technical support for SMEs to appropriate CE business models and design-led approaches to production</li> <li>• Low collaboration between producers and suppliers through the supply chain to support Circular Businesses</li> <li>• Low awareness of CE, design-led approaches to design and its economic benefits among the private sector</li> </ul> <p><b>Sources:</b>(OCDE/ECLAC 2014; Cornell University et al. 2016) and interviews with AC1,NGO1,CON1</p>

	Information and Communication Technology	Companies using ICTs as a mean of creation of new business models	Low appropriation of ICTs to develop new circular businesses among the private sector  <b>Sources:</b> (OECD 2014)
--	--	---	--

## Conclusions

The CE has stood out as a compelling alternative to the unsustainable linear economy. Despite the progress on CE transition in Europe and China, there has been little research of its feasibility in the context of low and middle-income countries. Therefore, this paper explored the CE in Colombia where a high dependency on natural resources has led the country's economy to be vulnerable to the consequences of a global deceleration and price volatility and, to find solutions to create a more diverse and competitive industry which can achieve the sustainable development goals.

Firstly, this explorative study established the enabling conditions that would allow the country to transition towards a more circular economy. An enabling framework was proposed with the inputs of secondary data and primary data from an interview with an expert advancing the CE globally. Chiefly, there are three conditions that must be settled in the context of low and middle-income countries to facilitate this transition. The first one is to shift the taxes from labour to resources and the elimination of subsidies for the extraction of non-renewable resources. The second condition is to ensure a safe and profitable recovery of materials, discouraging the informal recycling activities widely present in these countries and finally, it is important to set a robust digital infrastructure to support new circular business models such as reverse logistics or product as service schemes.

Secondly, an assessment of the country's readiness for a CE transition was carried out through the evaluation of every aspect included in the proposed enabling framework. The Colombian case study has shown that a high dependent economy on the extraction of non-renewables such



as oil and coal can potentially lock-in any sustainability strategy. Thus, it is necessary to develop a joint strategy between the economic and environmental ministries to foster the creation of an industrial sector framed within the CE principles able to generate wealth sustainably. Furthermore, the assessment of the country's digital infrastructure and use of the ICTs in the industrial sector have indicated that more efforts must be undertaken to increase the coverage and quality of the broadband and 4G services as well as to support the SMEs to adopt ICTs as a mean of generation of new business models within a circular framework.

Colombia also presents opportunities to circulate safely and profitably the materials from waste streams. Although the waste collection rates are good and the country has been implementing EPR schemes since 2011, recycling are mostly developed by the informal sector without the proper infrastructure and safe working conditions. It is suggested that other inner-cycle activities such as repair, remanufacturing, cascading or reuse are considered. These could create new business opportunities that avoid disposing waste into landfill.

An assessment of the innovation efforts, specifically those oriented to eco-innovation shows that the Colombian large industrial enterprises could adopt design-led approaches to production such as Cradle-to-Cradle® to innovate with sustainable products. Moreover, given the importance of SMEs in the creation of a new economic paradigm such as the CE, more technical and economic support should be provided to them. Some pilots to implement closed-loop approaches to production in this sector have shown that they lack of an appropriate technical knowledge, the support of suppliers as well as financial mechanisms to implement changes oriented to circular economy. In addition, it is important to demonstrate the economic and environmental benefits of a sustainability approach to incentivise companies to invest in these practices.

Finally, the insights given in this paper are the starting point to develop further research on how to enable a circular economy in the context of low and middle-income countries. Future works could study the possible strategies to overcome the identified limitations to transition towards a more CE as well as their impact on the economy, environment and society.

## References

- Cornell University, INSEAD & WIPO, 2016. *Global Innovation Index 2016: Winning with Global Innovation*, Ithaca, Fontainebleau, and Geneva.
- DNP, 2014. *Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 (In Spanish)*,
- Egerton-Read, S., 2016. Circular Economy in Emerging Markets: An insight from Brazil. *Circulate: Emerging Markets*. Available at: <http://circulatenews.org/2016/07/circular-economy-in-emerging-markets-an-insight-from-brazil-2/> [Accessed October 13, 2016].
- Ellen MacArthur Foundation, 2015a. *Delivering the Circular Economy: A Toolkit for Policymakers*, London.
- Ellen MacArthur Foundation, 2015b. *Towards a Circular Economy: Business Rationale for an Accelerated Transition*, Available at: [https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/TCE\\_Ellen-MacArthur-Foundation\\_9-Dec-2015.pdf](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/TCE_Ellen-MacArthur-Foundation_9-Dec-2015.pdf).
- Garcia Caicedo, C.L., 2016. *Circular Economy Transition in the Context of Low and Middle-Income Countries: Assessment of the Circular Economy Transition Readiness in Colombia*. University of Bath.
- Gower, R. & Schöder, P., 2016. *Virtuous Circle: How the circular economy can create jobs and save lives in low and middle-income countries*, Teddington. Available at: [http://www.tearfund.org/~media/files/tilz/circular\\_economy/2016-tearfund-virtuous-circle.pdf](http://www.tearfund.org/~media/files/tilz/circular_economy/2016-tearfund-virtuous-circle.pdf).
- Lieder, M. & Rashid, A., 2016. Towards circular economy implementation: A comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*, 115, pp.36–51. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.042>.
- OCDE/ECLAC, 2014. *OECD Environmental Performance Reviews: Colombia 2014*, Available at: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264208292-en>.
- OECD, 2014. Assessment and recommendations: Towards a more efficient telecommunication

sector in Colombia. In *OECD Reviews of Innovation Policy: Colombia 2014*. Paris: OECD Publishing, pp. 1–11.

Preston, F., 2012. *A Global Redesign? Shaping the Circular Economy*, London. Available at: [http://www.chathamhouse.org/sites/files/chathamhouse/public/Research/Energy, Environment and Development/bp0312\\_preston.pdf](http://www.chathamhouse.org/sites/files/chathamhouse/public/Research/Energy,Environment%20and%20Development/bp0312_preston.pdf).

Stahel, W.R., 2016. Circular Economy. *Nature*, 531(24 March 2016), pp.435–438. Available at: <http://www.nature.com/news/the-circular-economy-1.19594>.

Stahel, W.R. & Clift, R., 2016. Stocks and Flows in the Performance Economy. In *Taking Stock of Industrial Ecology*. Springer International Publishing, pp. 137–158.

JULLY ANDREA HERRERA JARAMILLO<sup>33</sup>

MSc. en Ingeniería de Diseño Industrial

Docente

Universidad Jorge Tadeo Lozano



**Resumen:** Este artículo presenta una propuesta de Estrategia para alcanzar una Economía Circular en Colombia. Entiéndase como Economía Circular una economía en la cual los procesos productivos no son lineales pero cíclicos y los flujos de materiales se reintegran para un uso continuo. La estrategia propone acciones e interrelaciones entre los sectores Privado, Público y Académico para alcanzar altos objetivos de desarrollo sostenible. La metodología planteada es una adaptación al contexto Colombiano de las metodologías usadas en el programa de certificación de productos en Cradle to Cradle ® y un estudio publicado en 2013 por la organización Holandesa Organisation for Applied Scientific Research.

**Abstract:** This paper presents a proposal of a Strategy to achieve a Circular Economy in Colombia. A Circular Economy is understood as an economy in which the productive processes are not linear but cyclical and the flows of materials are reintegrated in continuous uses. The strategy proposes actions and interrelations between the Private, Public and Academic sectors to achieve high sustainable development goals. The methodology proposed is an adaptation to the Colombian context of the methodologies used in the Cradle to Cradle product certification program and a study published in 2013 by the Dutch Organisation for Applied Scientific Research.

**Keywords:** Circular Economy, Strategy, Colombia, Production Sector, Private Sector, Academic Sector.

---

<sup>33</sup>Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Calle 25 # 4A-49, Bogotá, Colombia.

## **Introducción**

### *Modelo Económico Lineal*

La mayoría de las economías de los países en el mundo especialmente en América Latina y el Caribe están basadas en un modelo económico lineal que consiste en extracción de materiales, producción de productos, y generación de residuos. Este modelo ha conllevado involuntariamente al aumento de la escasez de los recursos naturales, cambio climático, dependencia en importación de petróleo crudo, pérdida de la biodiversidad, deterioro de la salud humana, conflictos entre las naciones, entre otras consecuencias (Herrera, 2013). La práctica tradicional del diseño de productos favorece al modelo económico lineal al no considerar en una etapa temprana del diseño, los escenarios finales e impactos ambientales que causan los productos una vez terminan de satisfacer las necesidades y deseos de los usuarios. Si bien se han implementado en los últimos años estrategias de sostenibilidad y herramientas para diseñar productos que minimicen el impacto ambiental negativo, estas estrategias están solamente posponiendo y retrasando la intensidad de los mismos (Braungart y McDonough, 2009). Por lo tanto hay una necesidad clara de repensar los procesos de diseño de productos y cambiar el paradigma para que estos, en vez de generar impactos negativos, puedan empezar a revertir el daño causado.

**Economía Circular** La Economía Circular es un enfoque alternativo al modelo económico lineal que está ganando atención y apoyo en todo el mundo. Cada año se suman países y empresas queriendo transformar sus sistemas lineales a sistemas circulares para originar flujos de materiales continuos y regenerativos, presentando además oportunidades de crecimiento económico, generación de empleo y contribución a los procesos de innovación (Ellen MacArthur Foundation and McKinsey & Company, 2014).

El objetivo de una Economía Circular es emplear energías renovables, eliminar el uso de productos químicos tóxicos, y erradicar la generación de desechos a través de un diseño inteligente de productos. Se apoya de diferentes escuelas de pensamiento como Producción en Ciclo Cerrado, Cradle to Cradle, Ecología Industrial, y Biomímesis; y se fundamenta en un manejo cuidadoso de los materiales con productos diseñados para un uso continuo en un ciclo biológico o técnico, emulando de esta manera los procesos de la naturaleza.

La Estrategia para alcanzar una Economía Circular en Colombia es el resultado de un proyecto piloto del programa de Producción en Ciclo Cerrado en las Américas (PCCA), ejecutado por el Departamento de Desarrollo Sostenible (DDS) de la Organización de los Estados Americanos (OEA), con el apoyo del Viceministerio de Desarrollo Empresarial del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (MINCIT) y el Centro Nacional de Producción Más Limpia de Colombia (CNPML). El PCCA tenía como objetivo introducir y mostrar la viabilidad y aplicabilidad de metodologías innovadoras de Producción en Ciclo Cerrado basadas en los principios de diseño Cradle to Cradle® (C2C)<sup>34</sup> en el sector productivo de los países de las Américas, para facilitar la transición hacia Economías Circulares (Herrera; Fajardo, 2016).

El proyecto de PCCA en Colombia, se ejecutó en un momento de grandes retos del país frente a las necesidades de revisión de metodologías que contribuyeran al desarrollo sostenible de las empresas aumentando su productividad y competitividad. El capítulo VI de Crecimiento Verde en el actual Plan Nacional de Desarrollo, como estrategia transversal para el logro de los tres pilares fundamentales Paz, Equidad y Educación, promueve un programa de promoción de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación para el fortalecimiento de la competitividad nacional y regional a partir de productos y actividades que contribuyan con el desarrollo sostenible y que aporten al crecimiento verde (Congreso de la República de Colombia, 2015).

En el capítulo siguiente se describe la Estrategia para alcanzar una Economía Circular en Colombia, la cual podría convertirse en una de las rutas para continuar la transición que plantea el Plan Nacional de Desarrollo. Se describen en detalle las fases planteadas para el sector privado, siendo este quién protagoniza la transición hacia una Economía Circular. Las industrias manufactureras, en particular, son las que presentan mayores oportunidades para reducir sus costos significativamente mediante la adopción de un modelo de negocio circular.

### **Estrategia para alcanzar una economía circular**

La Estrategia para alcanzar una Economía Circular en Colombia plantea una interrelación de acciones para ser llevadas a cabo por el sector Privado, Público y Académico con el objetivo de alcanzar objetivos más altos de desarrollo sostenible. La metodología planteada en la estrategia es una adaptación al contexto Colombiano de las metodologías usadas en el programa de

---

<sup>34</sup> Cradle-to-Cradle® y (C2C) son marcas registradas de MBDC, LLC

certificación de productos en Cradle to Cradle Certified™<sup>35</sup> y un estudio publicado en 2013 por la organización Holandesa TNO Organisation for Applied Scientific Research: Opportunities for a Circular Economy in the Netherlands (Bastien; Roelofs; Rietveld; and Hoogendoorn, 2013).

Dentro de las acciones propuestas para el sector privado se encuentran acciones agrupadas en tres etapas denominadas: Inventario, Análisis Cuantitativo y Optimización.

## **Inventario**

Esta fase busca conocer el contexto o punto de referencia inicial del sector Industrial Colombiano analizando su situación actual, los sistemas de manejo de los residuos y los patrones propios de producción de productos. Este análisis debe conducir a la selección de los subsectores en los que se centrará el estudio y las siguientes fases, ya que está fuera de contexto analizar cada uno de los subsectores que hacen parte del sector Industrial. La elección del subsector se puede acompañar de acuerdo a los resultados económicos, cantidad y tipo de materiales, consumo de energía, consumo de agua, características sociales, interés del subsector e interés del gobierno en promover las actividades de Economía Circular para un subsector en específico.

Al elegir un área o subsector específico, se procede con un análisis de los flujos de materiales, energía, agua y aspectos sociales que presenta el subsector. Se analiza además el sistema actual de manejo de residuos del subsector y el destino final de los materiales una vez que se han satisfecho a los usuarios finales con su servicio.

Las fuentes primarias para recolectar la información requerida en esta fase son bases de datos, información de las asociaciones y clúster del subsector elegido, entrevista a expertos, entre otras.

### *Análisis Cuantitativo*

El objetivo de esta fase es identificar aquellos productos que actualmente siguen rutas circulares después de su uso; el valor agregado y costos relacionados para empezar a incrementar las rutas circulares; y los efectos externos que impactan en el medio ambiente al incrementar la circularidad de productos y materiales.

---

<sup>35</sup>Cradle to Cradle Certified™ es una marca registrada con licencia por el Cradle to Cradle Products Innovation institute.

## **Productos que siguen rutas circulares**

Para determinar estos valores, se identifica la cantidad de productos del subsector específico que están actualmente siguiendo las rutas circulares, identificadas en el reporte Towards the Circular Economy (Ellen MacArthur Foundation and McKinsey & Company, 2014) como (i) Mantenimiento y Reparación, (ii) Re-uso o Reutilización (segunda mano), (iii) Renovación (productos y componentes) y (iv) Reciclaje. Para este análisis, se pueden agrupar diferentes productos gracias a sus similitudes tales como; el precio, la vida útil esperada, el número de eslabones de la cadena de valor, su complejidad, entre otras características.

Una vez que los grupos de productos a analizar se identifican, se puede proceder con un análisis cuantitativo basado en el número de elementos (y sus precios) que entran en la circulación cada año y el número de productos que siguen cualquiera de las rutas circulares. El valor de los nuevos productos del subsector específico que se venden en el país se puede obtener a través de las cuentas nacionales y las bases de datos de organizaciones comerciales profesionales.

La información sobre los ciclos de Reparación podría obtenerse de los organismos de estadística certificados de mantenimiento y/o la depreciación de los bienes de capital para estimar cuántos productos se han ofrecido para su reparación. El tamaño de los sectores económicos relacionados con las reparaciones podría ayudar también en esta estimación.

La Reutilización de los productos se puede investigar a través de mercados de segunda mano tales como puntos de venta, puntos de venta en línea, entre otros. El valor estimado de un producto destinado para su reutilización es el precio del producto de segunda mano, con una estimación del precio que los consumidores estarían dispuestos a pagar.

Para determinar el valor del ciclo de Reciclaje se sugiere investigar estudios previos de reciclaje en el país y buscar las tarifas de los productos reciclados y nuevos que entran en el mercado. El valor de los productos reciclados se puede estimar a partir de los costos totales de reciclaje (incluyendo los costes de recogida y desmontaje/procesamiento) y los ingresos de las ventas de las materias primas secundarias.

Valor agregado para empezar o incrementar las rutas circulares Identificar el valor de iniciar o incrementar la circularidad significa analizar el potencial para aumentar el número de productos



para ser reparados, reutilizados, y reciclados. Se sugiere además, identificar las fortalezas y posibles obstáculos en el camino hacia una economía circular. Esta información puede ser obtenida de la literatura, entrevistas con expertos y talleres y/o aplicando el concepto de un Análisis del Sistema de Innovación (ISA), utilizado por TNO, para explorar las oportunidades y obstáculos desde diferentes perspectivas.

La idea detrás de ISA es que el éxito de las nuevas tecnologías no sólo está determinada por las características tecnológicas y económicas, sino también por la calidad de la interacción entre los actores del sistema (empresas, gobiernos, institutos de conocimiento, grupos sociales), instituciones (gobierno, leyes, rutinas) y tecnologías. Este análisis propone siete funciones específicas o procesos clave que deben funcionar adecuadamente para que si el sistema ha de tener logre algún éxito en la generación de innovaciones. Las siete funciones específicas del sistema ISA son: Desarrollo del conocimiento, Difusión del Conocimiento, Actividades empresariales, Movilización de recursos, Mecanismos de mercado, Guiar el proceso de búsqueda y Apoyo de los grupos de interés. Adicionalmente, la interacción entre las funciones se ve reforzada por cuatro motores: Motor de Ciencia y Tecnología; Motor Empresarial, Motor del sistema político y Motor del mercado.

Luego de evaluar las posibles consecuencias para la economía circular de un número de fortalezas que impulsarían este fin, se puede generar una visión global de los cambios potenciales y valores cuantitativos (porcentaje de productos y/o valor por producto).

El costo de transición a una economía circular debe ser considerado también en este análisis. Esto incluye, por ejemplo, los costos relacionados con la recogida y tratamiento de materiales, así como los gastos de inversión que los negocios de reparación tendrían que realizar.

### **Efectos externos que impactan en el medio ambiente al incrementar la circularidad**

Algunos de los indicadores que se pueden medir para analizar los efectos externos negativos que se reducen como resultado de incrementar la circularidad en el sector son: emisiones de CO<sub>2</sub>, consumo de agua, uso del suelo (huella ecológica) y el equivalente de Materias Primas.

Estos indicadores pueden ser utilizados como guía y evaluados junto con indicadores ambientales adicionales que, por ejemplo, hacen un seguimiento de la transición a un impacto

ambiental positivo, como el uso de fuentes de energía renovables y emisiones de CO2 como nutrientes.

### *Optimización*

En la fase anterior se han identificado las oportunidades y el valor agregado para iniciar o incrementar los pasos hacia una Economía Circular. El objetivo de la fase de Optimización es llevar a cabo proyectos pilotos para mostrar el proceso y demostrar el valor agregado que puede llegar a tener el subsector al implementar un modelo circular.

Esta fase busca además cambiar el modelo tradicional de manejo de residuos a un sistema innovador de manejo de materiales, donde se comience a re-direccionar los destinos finales de los productos y materiales usados en el subsector. Los proyectos pilotos mostrarán los primeros ejemplos y resultados que se pueden obtener, además de empezar a crear capacidad local para extrapolar el aprendizaje a otros subsectores del sector Industrial Colombiano. Además de identificar aquellos productos que actualmente siguen rutas circulares después de su uso y el valor agregado, costos relacionados y efectos externos que impactan en el medio ambiente al incrementar la circularidad de productos y materiales.

Dentro de la propuesta para el sector Público, se busca identificar el rol del Gobierno y las políticas vigentes que se relacionan con los principios de una Economía Circular. Se centra específicamente en el fortalecimiento, desarrollo y aplicación de políticas destinadas al sector productivo que integren los principios de una Economía Circular, como un modelo de negocio a seguir con las estrategias de las instituciones Gubernamentales en Colombia.

Finalmente para el sector Académico, la estrategia propone incorporar módulos específicos de Economía Circular en programas de pregrado, maestría y especializaciones, que estén conectados además con proyectos de investigación ligados a las acciones de optimización planteadas dentro del sector privado. Cabe la pena resaltar que la universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, además de participar del proyecto piloto del programa de PCCA, ha comenzado desde el primer semestre del 2017 con módulos en temas de Economía Circular dentro de los Programas de Diseño Industrial de la Facultad de Artes y diseño.

## **Conclusiones**

La Estrategia para alcanzar una Economía Circular en Colombia, presentada en este artículo fue el resultado de la implementación del Programa de Producción en Ciclo Cerrado en las Américas liderado por la Organización de los Estados Americanos, el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo y el Centro Nacional de Producción Más Limpia de Colombia.

La estrategia se enfoca principalmente en acciones para ser llevadas a cabo por el sector privado y liderar de esta manera la transición en colaboración con los sectores Público y Académico. Dentro de las acciones propuestas para este sector sobresalen acciones relacionadas con información de inventario para conocer el punto de referencia inicial del sector Industrial Colombiano analizando su situación actual, los sistemas de manejo de los residuos y los patrones propios de producción de productos. Además de identificar aquellos productos que actualmente siguen rutas circulares después de su uso y el valor agregado, costos relacionados y efectos externos que impactan en el medio ambiente al incrementar la circularidad de productos y materiales. Adicionalmente se propone unas acciones de optimización para llevar a cabo proyectos pilotos que demuestren el valor agregado que se puede alcanzar al implementar un modelo circular. El rol del Gobierno y de la Academia dentro de la estrategia, son claves para fortalecer, desarrollar y aplicar las políticas destinadas al sector productivo que integren los principios de una Economía Circular y para preparar a los profesionales que lideraran la aplicación de estos principios en la industria.

## **Referencias**

*Bastien, Ton; Roelofs, Elsbeth; Rietveld, Elmer; y Hoogendoorn, Alwin (2013). Opportunities for a Circular Economy in the Netherlands. TNO. The Netherlands.*

*Braungart, M., McDonough, W. (2009). Cradle to Cradle, Remaking the Way We Make Things.*

*Congreso de la República de Colombia. (2015) Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 “Todos Por un Nuevo País”*

*Ellen MacArthur Foundation and McKinsey & Company, (2014). Towards the Circular Economy: Accelerating the scale-up across global supply chains. World Economic Forum.*

*Herrera, J.A., y Fajardo, Jaime (2016). Marco Para el Desarrollo del Sello Panamá Verde. Organización de los Estados Americanos. Washington DC.*

*Herrera, J.A. (2013). Development of a decision support model for building design: Based on the Cradle to Cradle principles and the building Villa Flora. Enschede, Holanda*

CLAUDIA PABÓN PEREIRA<sup>36</sup>

PhD. en Ciencias Ambientales, Ecología y Conservación

Docente

Universidad Adolfo Ibáñez (Chile)

Coautora

Tania Isabel Jimenez Castilla<sup>37</sup>



La gestión de los residuos sólidos municipales (RSM), entendida como su recolección, transporte y disposición final, es un gran desafío para los gobiernos locales principalmente por el incremento en su generación, la gran cantidad de recursos empleados en su gestión, y la complejidad de la cadena que facilita que se generen ineficacias y pérdidas de recursos. En el año 2002 existían alrededor de 2.9 billones de residentes que generaban cerca de 0.64 kg MSW/p/d, estas cantidades se incrementaron en el año 2012 a 3 billones de residentes generando 1.2 kg/p/d. Al año 2025 esta cantidad se incrementará probablemente a 4.3 billones de personas generando 1.42 kg de residuos por día cada uno. Lo que significa un incremento de más de tres veces en la cantidad total de residuos generados que se prevé llegara a 2.2 billones de toneladas por año (World Bank, 2012).

Tradicionalmente la gestión de los residuos se ha orientado a garantizar la salud de la población siendo la regla durante el Siglo XX, la aplicación de la lógica lineal orientada a la disposición final contenida y segura en lugares como rellenos sanitarios. Varios problemas se derivan de esta

---

<sup>36</sup>Directora Académica EcoParque Peñalolen UAI. Profesora Ingeniería Civil Energía y Ambiente. Facultad de Ingeniería y Ciencias. Universidad Adolfo Ibáñez. Diagonal Las Torres 2640. Peñalolen. Santiago de Chile, Chile  
Tel. +56 (2) 331 1664 [claudia.pabon@uai.cl](mailto:claudia.pabon@uai.cl)[www.uai.cl/ingenieria](http://www.uai.cl/ingenieria)

<sup>37</sup>Directora Programa Economía. Directora Maestría en Desarrollo y Ambiente. Campus Tecnológico Km 1. Vía Turbaco. Cartagena de Indias, Colombia. Tel: +57(5)6535200 Ext. 616. Manga, Cll. del Bouquet Cra. 21 No. 25 – 92. Tel. 6606041 - 42 Ext. 502. [tjimenez@unitecnologica.edu.co](mailto:tjimenez@unitecnologica.edu.co)[www.unitecnologica.edu.co](http://www.unitecnologica.edu.co)

lógica incluyendo la vida útil finita de los rellenos, su propensión a incendios, pérdidas de lixiviados, además de sus altos costos. En el caso de Colombia, el 81% de los residuos sólidos van a los rellenos sanitarios, y el resto se distribuye en botaderos (10,34%), celdas transitorias y de contingencia (5, 53%), en cuerpos de aguas y se quema (0,64%); un 3,09% se dispone en plantas de aprovechamiento<sup>3</sup>. La vida útil en casi el 40% de estos sitios de disposición final, oscila entre 0 y 3 años, planteando un reto para las autoridades ambientales nacionales; el caso del departamento de Bolívar, que cuenta con un número alto de municipios rurales en condiciones de vulnerabilidad ambiental y en materia de salud, por la inadecuada disposición final de residuos, es un ejemplo de esta problemática. La disposición de residuos en rellenos sanitarios, si bien es bien vista desde el punto de vista de salud pública, genera costos importantes para los municipios. En Chile, donde cerca del 65% de los residuos tiene como destino final rellenos sanitarios, el costo de disposición en dichos recintos equivale a 15 - 22 dólares por tonelada, lo que para municipalidades de escasos recursos puede significar más del 20% del presupuesto anual. Más aún, el problema de la recolección y transporte de residuos hasta estos lugares implica que dichos gastos se dupliquen. En ciudades que no tienen disposición final, la recolección típicamente es 70-80% del costo de gestión de residuos, razón por la cual hoy por hoy solo el 50% de los residuos producidos en ciudades se recolecta y en zonas rurales es mucho menos (UN Habitat, 2010).

En países en desarrollo, aproximadamente la mitad de los residuos generados a nivel doméstico corresponde a residuos orgánicos, éstos residuos de fácil putrefacción, contienen gran parte los elementos que algún día fueron parte de los alimentos de los que provienen, Carbono, Nitrógeno, Fosforo, potenciales contaminantes ambientales causantes de eutrofización, cambio climático, deterioro de los océanos, podrían ser recuperados para generar energía, restablecer la fertilidad de los suelos y producir nuevos alimentos. Desafortunadamente, en la mayoría de las municipalidades no existe una recolección diferenciada de los residuos, un trabajo en esta vía implica la educación de la población y la búsqueda de alternativas tecnológicas que permitan realizar valorización *insitu* de los mismos.

En este trabajo se explorarán dos casos en Santiago de Chile que ejemplifican el abordaje de retos educativos y tecnológicos en el ámbito de la valorización descentralizada de residuos orgánicos y se expondrá el caso de María La Baja, Bolívar, Colombia, donde se cuantificó el

potencial de los residuos orgánicos para suplir necesidades locales de energía. El análisis de estos casos, provee información importante para el diseño de estrategias eficientes en el marco de la gestión integral de residuos sólidos y del impulso a la economía circular en Colombia, contribuyendo al avance en los objetivos globales de desarrollo sostenible – ODS, incorporados en el Plan de Desarrollo 2014 – 2018<sup>4</sup>; especialmente, el objetivo 13: Acción por el Clima y el objetivo 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles. Es importante resaltar el carácter inclusivo de la investigación y la co-participación de las comunidades en los procesos de diagnóstico y estimación del potencial de los residuos domiciliarios en el caso de Maria La Baja (Colombia) y el EcoParque (Chile) y también en el diseño de propuestas comunitarias de reducción de residuos y generación de biogás, a través de las diferentes reuniones concertadas con líderes comunitarios y habitantes locales.

### **EcoParque Peñalolén-UAI en Santiago de Chile**

El EcoParque Peñalolén-UAI es un centro de educación e investigación ambiental aplicada en metabolismo circular urbano en el que Municipalidad de Peñalolén en alianza con la Universidad Adolfo Ibáñez (UAI), y con el apoyo económico de tres grandes empresas de servicios públicos, Copec, Aguas Andinas y Metrogas, se posiciona como un centro de referencia a nivel Latinoamericano en materia de valorización de residuos y aguas servidas urbanas a nivel descentralizado. En el EcoParque Peñalolén-UAI, recursos que generalmente son subvalorados, como los residuos orgánicos, son convertidos en insumos principales en la producción de fertilizantes, biocombustibles y energías renovables.

Durante su primer año y medio de funcionamiento y en su superficie inicialmente habilitada de 2.000 m<sup>2</sup>, ésta iniciativa ha logrado capacitar a más de 3.000 personas entre escuelas, instituciones y delegaciones internacionales y ha realizado más de 50 talleres gratuitos a la comunidad en lombricultura, huerto vertical urbano. Así mismo, en el recinto se valorizan más de 180 toneladas de residuos orgánicos al año, lo que se traduce en un ahorro por disposición de residuos equivalentes a 7.500 USD al año. Además, estos residuos se transforman en abono y plantas para programas municipales con un total de ahorro adicional anual de 60.000 USD. Así mismo, se calcula una reducción de 45.5 toneladas de CO<sub>2</sub> al año por concepto de tratamiento,

transporte y disposición de residuos. Además de esto existe una enorme cantidad de externalidades positivas como cambios de hábitos en la población, mejor calidad de vida, transferencia de conocimiento y mejora de la calidad ambiental por concepto de la adopción de hábitos sustentables por parte de la comunidad.

El aspecto innovador más importante del EcoParque Peñalolén –UAI lo constituye su modelo de gestión único y replicable en el cuál la financiación de la infraestructura se realiza con aportes privados y de la UAI, mientras que la Municipalidad de Peñalolén asume la operación del recinto y la UAI asigna investigadores para dar vida a un modelo de innovación permanente que permita mejorar la eficiencia en los procesos de valorización de residuos. La investigación se nutre a su vez de alianzas con Universidades extranjeras en Holanda y Alemania, desde donde actualmente se reciben entre cuatro y seis estudiantes tesistas por año. De esta manera se tienen en marcha cuatro líneas de investigación aplicada que incluyen la optimización de procesos de compostaje, lombricultura y digestión anaerobia a partir de residuos de feria, y la recopilación y análisis de información primaria en materia de generación de residuos domésticos para el análisis de escenarios que permitan el cierre de ciclos de materia y energía en la comuna de Peñalolén.

En este último aspecto, se ha podido establecer que en la comuna existe un 76% de personas interesadas en participar de la agricultura urbana, y el 44% ya producen algún alimento. El 10% de los hogares produce compost y 63% están a favor del reúso de orina. Si se reúsan los nutrientes provenientes de estos recursos se podrían producir cerca de 74 kg de alimentos/p/año equivalentes a 1/5 de la demanda o fertilizar más de 100 Has de áreas verdes en la Comuna.





**Figura 1.** Imágenes EcoParque Peñalolen-UAI

### **Biodigestor doméstico Urbano Compact2**

Los biodigestores son contenedores cerrados que brindan condiciones apropiadas para que se lleve la degradación en ausencia de oxígeno de residuos orgánicos, lo cual da como resultado la producción de biogás y digestado: el primero sirve como fuente energética en reemplazo al gas natural, útil para cocinar, encender una lámpara o generar electricidad; el segundo es un fertilizante que se puede utilizar para el jardín. De esta forma, el biodigestor colabora con el

cierre de ciclos naturales, particularmente el de carbono, nitrógeno y fósforo. El desarrollo de esta tecnología en Chile es mayoritariamente a nivel industrial; la necesidad de una opción doméstica responde a los altos precios que se invierten en transporte de residuos a nivel urbano y a la importancia de mantener los beneficios obtenidos de la valorización de los residuos cercanos al cliente mismo, a fin de estimular una adecuada separación.

El Compact2, es un biodigestor domestico que permite eficiencias volumétricas hasta 3 veces mayores que los de una etapa. Este producto permite valorizar el 100% de los residuos sólidos orgánicos de un hogar de hasta 4 o 6 personas, es decir, cerca de 2 kg de residuos orgánicos por día, utilizando un volumen de digestión menor a  $0,2m^3$ , un volumen total de poco más de  $0,7m^3$  y un área superficial de  $0,5m^2$ ; es fácil de operar e integra soluciones novedosas para lograr temperaturas de operación óptimas, mezclado del líquido interior, presurización y extracción del gas. (Traesure, 2017)

Desde el 1° de septiembre del 2016 el Ministerio de Energía a través de la Superintendencia de Energía y Combustible SEC regula la instalación de plantas de biodigestión según lo establecido por el Decreto Supremo 119 “Aprueba reglamento de seguridad de las plantas de biogás e introduce modificaciones al reglamento de instaladores de gas”. Esta reglamentación permitirá que innovaciones tecnológicas como el Compact2 puedan tener una más fácil introducción al mercado en la medida en que están claras las reglas del juego referentes a su fabricación, instalación y uso.



*Figura 2. Imagen biodigestor domestico urbano Compact2*

## **Caso María La Baja, Bolívar, Colombia**

En el año 2015 se realiza un diagnóstico del potencial del municipio de María La Baja para generar biogás a partir de sus residuos orgánicos. Para este estudio, se utilizó como marco de análisis el enfoque de medios de vida sostenibles (Chambers & Conway, 1991) (FAO, 2004) (Departamento para el Desarrollo Internacional, 2000); se eligieron dos corregimientos (Retiro Nuevo y Nueva Florida) y tres barrios (Chumbun, Arroyo Abajo y Puerto Santander). En el estudio se identificaron, entre otros, los activos naturales de los habitantes locales. Con la participación de los líderes comunitarios y la información recogida en los hogares se priorizaron los problemas de las comunidades, siendo uno de los más importantes, la gestión y disposición final de los residuos.

Con esta información, se realiza un proceso conducente a la valorización de los residuos orgánicos. Se inicia con el análisis del muestreo y análisis de la cantidad y calidad de residuos producidos en los domicilios de lugares seleccionados del Municipio, así como una estimación de la necesidad a partir del gasto en iluminación y gas de las familias. Posteriormente, se continúa con una estimación del potencial metanogénico de la fracción orgánica de los mismos, con base en fuentes secundarias, para las distintas localidades. Finalmente se plantean escenarios a escala doméstica, comunitaria y de corregimiento y municipio, y se estiman ahorros potenciales e inversión estimada por familia en dichos casos. (Jiménez, Pabón, & Toro, 2015)

La generación promedio de residuos por familia se estima en  $1,4 \pm 0,65 \text{ kg d}^{-1}$ , con un 93% de los residuos recolectados de tipo orgánico biodegradable. Los residuos orgánicos corresponden en su mayoría a cáscaras de plátano (44%), cáscaras de yuca (33%) y sobras de arroz (4%). Se encontró una gran diferencia en cantidad de residuos recolectados en las tres localidades estudiadas, lo cual pone de manifiesto diferencias en la recolección de los residuos y la necesidad de plantear proyecto pilotos para verificar el interés y participación de los residentes en la recolección de los residuos.

Se proponen varias alternativas para la implementación de biodigestores en el Municipio de María La Baja, éstas varían en función del tipo y cantidad de residuos y el tipo de tecnología a utilizar. En todos los casos se presentan ahorros para las familias de las localidades además del mejoramiento del entorno al disminuir la cantidad de residuos que contaminan hoy en día las

vías y hogares del municipio, mientras que posibilidad además el reúso de su materia orgánica y nutrientes en suelos agrícolas y/o degradados.

Los escenarios domésticos presentan beneficios de ahorro por uso de gas entre 40 y 120 mil pesos anuales a las familias beneficiadas cuando se utilizan sólo residuos orgánicos domésticos, y 150 y 600 mil pesos anuales cuando se utilizan residuos orgánicos y residuos de animales.

Los escenarios comunitarios son también alternativas interesantes por cuánto permiten demostrar el concepto impactando directamente el bienestar de los niños y jóvenes de las comunidades donde se instalen estos biodigestores. Para una escuela promedio que cocina almuerzo para los estudiantes, se consideró suplir 6 fogones funcionando 5 horas por día cada uno. Según la generación de biogás por hogar con residuos orgánicos, en promedio se necesitarían 40 casas comprometidas en Puerto Santander, 143 en Retiro Nuevo y 35 en Nueva Florida. En el caso de los hogares de bienestar familiar de 12 niños más 5 habitantes de casa, y con demanda de 2 fogones funcionando 5 horas al día cada uno se necesitaría el compromiso de 14, 48 o 12 familias en las mismas localidades, respectivamente. Tanto en el caso de las escuelas como en el de los hogares para niños, se esperaría que éstos beneficios obren como una buena motivación para introducir la tecnología y el nuevo hábito de separación de residuos y de alimentación y manejo del biodigestor.

Finalmente, se plantean escenarios a nivel de corregimientos, sus agrupaciones y para todo el municipio de María La Baja, en éstos casos se consideran diversas tasas de recolección de residuos. Se estiman potenciales de generación de biogás del orden de 30.000 metros cúbicos por año para el caso de una localidad promedio de 3.000 habitantes que recolecta el 75% de sus residuos. En este caso la inversión se estima del orden de 230 millones de pesos y la recuperación de la inversión teniendo en cuenta costos de operación, sería de 12 años. En este caso el biogás a producir podría beneficiar aproximadamente a 10 escuelas o a 32 familias teniendo en cuenta un uso promedio por familia de 80 metros cúbicos de biogás por mes, para 4 horas de cocina en 2 fogones y 2 lámparas funcionando 2 horas.

Para el caso de 3 localidades, el potencial de generación de biogás es de 75.000 metros cúbicos por año para la misma tasa de recolección requiriéndose un biodigestor capaz de procesar 600 toneladas de residuos anuales con una inversión de 530 millones de pesos. Para todo el

Municipio de María La Baja se calcula un potencial total de 530.000 metros cúbicos de biogás a generar por año, a partir de 4.000 toneladas de residuos en el caso de lograr un 75% de la recolección.

Comparativamente los costos de inversión por familia varían de 3.5, 8.5, y 7.2 en millones de pesos colombianos en el caso del escenario doméstico, comunitario o para todo el municipio de María La Baja, sin tener en cuenta transporte de residuos, de gas o de digestado.



*Figura 3. Imágenes estudio de valorización de residuos: corregimientos de Retiro Nuevo y Nueva Florida (María La Baja – Colombia)*

## Referencias

Chambers, R., & Conway, G. (1991). *Sustainable rural livelihoods: praactical concepts for the 21st Century*.

Departamento para el Desarrollo Internacional. (2000). *Hojas orientativas Medios de Vida Sostenibles*.

FAO. (2004). *¿Los enfoques basados en los medios de vida sostenibles tienen una repercusión positiva en la población rural pobre? Análisis de doce estudios de caso*.

Jiménez, T., Pabón, C., & Toro, N. (2015). *Programas de manejo eficiente de recursos naturales y aprovechamiento de residuos del territorio. Enfasis: energía y agua. Caso: María La Baja (Colombia)*. Cartagena.

Traesure (2017) Biodigestor domestico Compact 2. [www.traesure.com/compact-2](http://www.traesure.com/compact-2)

UN Habitat. (2017 de junio de 2010). *Collection of solid waste in developing countries*. Obtenido de [http://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/E-Learning/Moocs/Solid\\_Waste/W1/Collection\\_MSW\\_2010.pdf](http://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/E-Learning/Moocs/Solid_Waste/W1/Collection_MSW_2010.pdf)

World Bank. (2017 de Junio de 2012). *What a waste. A Global Review on Solid Waste Management*. Obtenido de [http://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1334852610766/What\\_a\\_Waste2012\\_Final.pdf](http://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1334852610766/What_a_Waste2012_Final.pdf)

## ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE MAMPOSTERÍA Y SU CONSUMO ENERGÉTICO E HÍDRICO

---

SERGIO BALLÉN

---

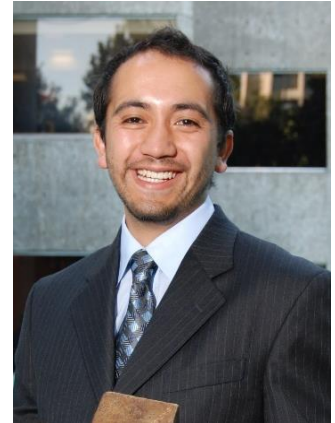
MSc. en Arquitectura Sostenible

Investigador

Universidad Nacional de Colombia y Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca

Coautores

Adriana Cubides Pérez, Amparo Hinestroza Ayala, Liliana Medina Campos, James Ortega Morales<sup>38</sup>



Este trabajo se basa en la investigación “Metodología para el análisis del ciclo de vida de mampostería de arcilla en Cundinamarca, a partir de la evaluación del consumo de recursos energéticos” adelantada en 2016 y que continúa el presente año enfocada en los consumos de recursos hídricos; el objetivo general es, establecer una metodología para el análisis del ciclo de vida (ACV) de mampostería de arcilla en Cundinamarca, a partir de la evaluación del consumo de recursos energéticos. Recientemente se han desarrollado avances en el estudio de la eficiencia energética en la producción de la industria ladrillera en Cundinamarca, teniendo en cuenta los equipos de quema y/o de inyección de combustible, así como el proceso de combustión y su adecuado funcionamiento. Por otro lado, a pesar de que se han desarrollado metodologías de ecoetiquetas tipo I, el ACV en esta industria no constituye un elemento que conduzca a una ecoetiqueta tipo III regida por la ISO 14040:2006. Estos datos serían un insumo para las políticas nacionales y locales de construcción sostenible, eficiencia energética, crecimiento de bajo carbono, declaración ambiental de producto, y además facilita la implementación de criterios que se encuentran enmarcados en el Sello Ambiental

---

<sup>38</sup> [sballen@unicolmayor.edu.co](mailto:sballen@unicolmayor.edu.co), [acubides@unicolmayor.edu.co](mailto:acubides@unicolmayor.edu.co), [lhinestroza@unicolmayor.edu.co](mailto:lhinestroza@unicolmayor.edu.co), [lmedinac@unicolmayor.edu.co](mailto:lmedinac@unicolmayor.edu.co), [james.ortega@unicolmayor.edu.co](mailto:james.ortega@unicolmayor.edu.co)

Colombiano del Ministerio de Ambiente, y cuyo objetivo final es minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar la eficiencia energética desde la industria de la construcción y la industria ladrillera.

La demanda creciente de construcción de edificaciones para vivienda, comercio e industria, como consecuencia del crecimiento de la población mundial y la ocupación masiva de ella en las ciudades, trae consigo una serie de impactos sociales y ambientales, entre ellos el cambio climático, que deben ser minimizados a través de estrategias que reduzcan los consumos de recursos y de energía, y que contribuyan a ser más efectivas las estrategias de eficiencia energética durante todo el proceso constructivo y de operación en las edificaciones. El cumplimiento de este objetivo es responsabilidad de todos los actores implicados, pero recae especialmente en el Estado, en la planificación arquitectónica, en las empresas constructoras y en los productores de materiales.

La elección de materiales a utilizar en un proyecto, se ha basado tradicionalmente en aspectos económicos, funcionales y estéticos. Hoy en día, a pesar de los rezagos por cuenta de la reconversión tecnológica que implica, la demanda de materiales de construcción a nivel mundial comienza a volverse más exigente frente a su desempeño ambiental que contempla los impactos y consumos de energía y recursos, medibles desde su extracción, así como los procesos de transformación, las distancias de transporte, su eficaz puesta en obra, las prestaciones en la operación, emisiones de gases de efecto invernadero, potencial de reciclaje y/o reusabilidad, durabilidad y mantenimiento, modulación, origen basado en renovables, valores de conductividad térmica, generación de partículas volátiles, entre otros. Dentro de ese marco de posibilidades, el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) se destaca porque es un procedimiento que valida la toma de decisiones frente al mejor desempeño ambiental de un producto o servicio en todas sus etapas, y como comunicación para dar conocimiento al público sobre estas características, gracias a las declaraciones ambientales de producto (DAP).



El ACV es una herramienta metodológica que permite analizar los impactos ambientales y energéticos que se generan durante los procesos de fabricación, consumo y disposición final de materiales de construcción u otros productos o procesos. El análisis se basa en la compilación y cuantificación de las entradas y salidas (inputs/outputs) del proceso para obtener unos resultados que expongan los impactos ambientales potenciales, con el objetivo de poder determinar estrategias para la reducción de los mismos, gracias a su enfoque holístico, que se basa en que un fenómeno no puede ser explicado de manera individual sino por las partes que lo componen.

Estos impactos pueden ser medidos desde la extracción de las materias primas para fabricar los diferentes materiales de construcción, hasta el final de su vida útil en una edificación que es demolida, teniendo en cuenta la integración total de todos los aspectos que participan. El análisis de este proceso se puede dividir en cuatro grandes sub procesos que depende de los alcances e impactos que se desean analizar (igualmente complejos): “de la cuna a la tumba”, “de la cuna a la puerta”, “de la puerta a la puerta” y “de la cuna a la cuna”, los cuales contemplan el análisis de impactos de extracción de las materias primas, fabricación del material, transportes, puesta en obra y construcción (vertimientos y emisiones), uso de la edificación y disposición de los residuos y escombros (Ihobe, 2009).

Para desarrollar un ACV es necesario seleccionar una o más categorías de impacto ambiental a evaluar y de la cual se desea obtener los resultados, y que se basa en la determinación de la Evaluación de Impactos del Ciclo de Vida (EICV), según lo establece la normativa internacional ISO 14040, ya que de esto depende el desarrollo del análisis del inventario, las mediciones en campo relacionadas y para proporcionar un enfoque metodológico que responda a los impactos ambientales de los cuales se desean obtener resultados. Es necesario contar con un conocimiento previo del proceso del material y sus fases de producción para seleccionar las categorías de impacto ambiental más acordes, teniendo en cuenta el objetivo del estudio, público objetivo, nivel de

exactitud de los resultados y necesidades del demandante, es decir, teniendo claro los alcances.

En Colombia, los lineamientos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) abarcan los temas de adaptación al cambio climático, reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero entre otros, y específicamente, ha desarrollado el Plan Nacional de Negocios Verdes que en conjunto con las Corporaciones Autónomas Regionales, los Institutos de Investigación, los productores y las entidades públicas y privadas, cuentan con programas como Biocomercio Sostenible, que tiene como objetivo fomentar la oferta y la demanda de los negocios y productos verdes y sostenibles.

El consumo de productos de arcilla en el país (entre ellos la mampostería) es una tradición constructiva y cultural, así como elemento adyacente a la tipología de las edificaciones; en su producción cuentan los insumos requeridos desde su extracción en los yacimientos mineros, el tipo de industria que agrupa la ladrillera, el tipo de ladrillera según su producción, el grado de tecnificación, el tipo de horno y los sistemas de alimentación y distribución de combustible.

En cuanto al tipo de industria en la que se agrupan las ladrilleras en el país, según estudio realizado la CAEM, influyen el número de producción, los tipos de procesos utilizados, el tipo de horno, la calidad del producto y la mano de obra y su vinculación. Inicialmente existe la microempresa que realiza procesos de extracción manual de las arcillas y realizan procesos artesanales, aunque algunas pueden tener cierto grado de tecnificación, además de hornos a fuego dormido u árabe. En la pequeña industria, la extracción es mecanizada con equipos especializados como bulldozer o retroexcavadoras y utilizan un circuito de molienda y homogeneización de la pasta cerámica; la extrusión se realiza al vacío y los hornos son de llama invertida como el tipo colmena y/o baúl. En la mediana industria se realizan procesos continuos en la cocción, además de procesos de reutilización de residuos y utilizan principalmente el horno Holffman. Finalmente, la gran industria realiza una selección de materias primas,

procesos de cocción en hornos continuos tipo túnel y/o rodillos con dispositivos de control y simulación digital (CAIA Ingeniería, 2013).

Dentro de la extracción, procesamiento, transporte, distribución e instalación de la mamostería en arcilla intervienen varios tipos de energía que han sufrido una serie de transformaciones, y de su clasificación depende su posterior cuantificación de la energía consumida en el análisis de inventario de ciclo de vida. Para ello, se identifican los elementos o recursos naturales de donde se obtienen los diferentes tipos de energía y cómo estos se presentan en la naturaleza de forma primaria, su transformación en energía secundaria y su presentación final utilizada en cada uno de los sistemas, maquinaria, equipos, entre otros.

De esta manera, desarrollar un proceso de ACV es complejo por la gran cantidad de variables y requisitos a la hora de ingresar datos de entradas y la recopilación de datos de inventario, por tanto, se requiere de un protocolo que determinará dicho estudio acorde con las necesidades de un producto específico, una meta, necesidad o realizar una función determinada. Los estándares internacionales y la literatura son reiterativos en cuanto a que este estudio no sirve para comparar productos con condiciones y propósitos diferentes, sino, más bien, servicios y/o cantidades de un producto que lleven a cabo la misma función. Para ello, se deben identificar claramente los límites del sistema, posterior al planteo de la aplicación prevista, las hipótesis, los criterios de exclusión, los datos, las limitaciones económicas y el destinatario previsto (Antón, 2004).

Las entradas y salidas deben asignarse a los distintos subproductos con procedimientos muy bien documentados, por esa misma razón, cuando existan procedimientos alternativos de asignación se debe realizar un análisis de sensibilidad que explique sus implicaciones y para valorar los efectos que tienen los métodos y datos elegidos sobre el resultado obtenido, según lo establece la ISO 14044:2006. Debido a que la calidad y reproductibilidad de los datos registrados puede llegar a determinar el éxito de un estudio, sumado a la complejidad en la recolección de los datos del inventario, las bases de datos tienen una gran importancia para encontrar o editar dichos

registros y realizar un ACV, razón por la cual, los diferentes software especializados incorporan una o más bases de datos como inventario. Existen diferentes bases de datos en el mercado, desarrolladas por institutos especializados en diferentes países, destacándose los suizos.

En el caso de la mampostería, la selección de categoría de impacto se basa en las que la industria prefiriera mostrar públicamente y que identifique los procesos ineficientes y que requieren de mejoras; así, se ha identificado como categorías potenciales para ser desarrolladas posteriormente y comunicadas en el actual contexto la de cambio climático (cuantificado en Kg CO<sub>2</sub>eq) y la de uso de energía primaria (cuantificado en MJ) que conduzca a establecer la energía embebida de una unidad de mampostería. El rigor con que se pueda realizar un análisis de inventario se reflejará en una correcta clasificación, caracterización y posterior graficación por parte del software. Para ello se tiene en cuenta los consumos de energías utilizadas en el proceso de fabricación de la mampostería a través de máquinas, equipos, planta dosificadora, mezcladoras y transporte de materias primas.

Se evidencian avances en el estudio de la eficiencia energética y de minimización de impactos en la producción de la industria ladrillera en Cundinamarca, teniendo en cuenta los equipos de quema y/o de inyección de combustible. En la gran industria se han llevado a cabo medidas en aspectos como el consumo de combustible, alimentación del aire, sistema de alimentación y de distribución de combustible. Los equipos de quema e inyección de combustible han sido analizados en diferentes tipos frente al proceso de combustión y su adecuado funcionamiento, que a su vez dependen de la relación del material cargado, tipo de producto, momento del proceso, tipo de horno y de las necesidades de aire y combustible realizadas con el cálculo estequiométrico; esto permite reducir el consumo de combustible y los niveles de concentración de contaminantes a los solicitados por las normativas ambientales.

ENRIQUE GILLES<sup>39</sup>

PhD. en Economía

Profesor y Coordinador de Doctorado en Gestión

Universidad EAN

Coautores

Javier Deaza,<sup>40</sup> Alejandro Vivas<sup>41</sup>



### **Resumen**

En este documento se estima el cambio en la productividad de la economía colombiana para el periodo 2005-2011, y se identifican aquellos sectores económicos y factores productivos que más contribuyen a dicho cambio. Asimismo, el modelo es aumentado en el sentido de Leontief (1970) para dar cuenta de las emisiones de gases de efecto invernadero. De esta forma, se aborda la problemática del crecimiento y sus problemas ambientales. La metodología permite descomponer el cambio en productividad en dos subcomponentes: el cambio de eficiencia (distancia a la frontera eficiente) y el cambio técnico (movimiento de la frontera de producción). Para ello, se combina el análisis insumo-producto con el análisis de la envolvente de datos: a partir del primero se obtiene la frontera eficiente, mientras que el segundo evalúa el estado actual de la economía respecto a aquella. Además, se construyen los indicadores de productividad de Luenberger (Briec and Kerstens, 2004). Esta aproximación no requiere del supuesto de mercados competitivos ni datos sobre precios de los insumos. Al identificar los productos, factores y contaminantes que actúan como conductores o frenos al crecimiento de la productividad, se considera que esta herramienta contribuirá a la toma de decisiones de política pública en Colombia.

---

<sup>39</sup> Universidad EAN

<sup>40</sup> Universidad Santo Tomás

<sup>41</sup> Econometría SA

## **Introducción**

En este trabajo se aborda la problemática del crecimiento verde a partir de los conceptos de eco-productividad y eco-eficiencia, con una aplicación para la economía colombiana. Agotado el boom de los precios de los commodities, en la actualidad se constata un consenso en los discursos de los responsables de las políticas públicas en torno al papel de la productividad como la gran fuente de crecimiento sostenible de los países. Esto hace que sea necesario identificar cuáles son sus determinantes para analizar a su vez las políticas más adecuadas para una agenda de desarrollo económico. Ahora bien, las economías producen bienes y servicios y en ese proceso generan diferentes tipos de contaminación, que los países han decidido limitar en diferentes acuerdos internacionales. El desafío, entonces, es diseñar estrategias para garantizar los objetivos de crecimiento y desarrollo con los de acotar las emisiones. Para ello es necesario conocer cuál es el grado de compromiso existente entre ambos. El concepto de eco-eficiencia apunta a medir la eficiencia de un sistema económico por medio de medidas tradicionales de productividad (outputs/inputs) pero añadiendo la dimensión de la generación de contaminantes (outputs “no deseables”). Para esto, se construye una frontera eco-eficiente la cual muestra que, si estamos en un punto sobre la misma, no es posible producir más bienes y servicios “deseados” sin incurrir en mayores niveles de contaminación (Luptacik Mahlberg, 2013, 2016). Así, la eco-eficiencia busca el mejor compromiso entre los objetivos de crecimiento económico con los de la preservación del medio ambiente, intentando “desconectar” las emisiones del crecimiento económico.

**Metodología y Datos** Consideramos la economía colombiana, caracterizada por una matriz insumo-producto (MIP) de cinco sectores: Agricultura, Minería, Industria, Construcción y Servicios. Contamos con observaciones para los años 2005 y 2011. Además, consideramos un producto no deseado: las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), medido en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes. Esta contaminación es generada por las actividades productivas de la economía. Por último, dividimos los insumos primarios o factores de producción en cuatro categorías: las primeras tres contienen el factor trabajo, desagregado en Alta calificación, Media y Baja, la segunda categoría es el capital físico.

Para abordar los objetivos del artículo, se utiliza un modelo de Leontief aumentado (Leontief, 1970). Notación: en esta economía hay  $n$  sectores productivos,  $k$  sectores de mitigación, uno para cada contaminante, y  $m$  factores productivos. En adelante,  $A_{11}$  es la matriz cuadrada de dimensión de requerimientos directos de producción, cuyos elementos  $a_{ij}$  denotan el valor del insumo intermedio proveniente del sector  $i$  utilizado en el sector  $j$ , como porcentaje del producto de este último sector. En la matriz  $A_{12}$  de dimensiones  $n \times k$  se incluyen los insumos de cada sector productivo utilizados en la actividad de mitigación, por unidad de emisiones mitigada. La matriz  $A_{21}$ , por su lado, es de dimensión  $k \times n$  y contiene los coeficientes de contaminación, medidos como las emisiones de CO2 equivalente por unidad de producto sectorial; por último, la matriz  $A_{22}$  contiene los contaminantes generados en la propia actividad de mitigación, por unidad de contaminante mitigado.  $x = (x_1 \ x_2)$  es el vector de dimensión  $n + k$  de los productos brutos sectoriales ( $x_1$ ) y de la generación de contaminantes ( $x_2$ );  $y = (y_1 \ y_2)$  es el vector de demanda final o producto neto sectorial (también de dimensión  $n+k$ ),  $z$  es un vector que contiene los  $m$  factores de producción. Finalmente, la matriz  $B = (B_1 \ B_2)$  es de dimensión  $n \times m$  y sus elementos son: en el caso de la submatriz  $B_1$ , la razón del factor  $m$  utilizado en el sector  $j$ , como porcentaje del valor de la producción de dicho sector, mientras que la submatriz  $B_2$  contiene los requerimientos factoriales para la actividad de mitigación, por unidad mitigada. Las variables que representen dotaciones estarán identificadas con un superíndice 0. Adaptando el modelo de Luptacik y Mahlberg (2013, 2016), buscamos en primer lugar maximizar la demanda final de la economía, sujeto a la restricción de la dotación de factores productivos, por medio del siguiente problema:

$$\begin{aligned} & \max_{x, y, k \neq j} y_j \\ \text{s.t.} & \begin{bmatrix} (I - A_{11}) & -A_{12} & I & 0 \\ -A_{21} & I - A_{22} & 0 & I \\ -B_1 & -B_2 & 0 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} \geq \begin{bmatrix} 0 \\ -z^0 \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (1)$$

Cada uno de los  $n$  problemas representados en la ecuación (1) da lugar a un vector de solución para la demanda final,  $y_t^{*j}$ . De forma complementaria, también podemos encontrar el uso mínimo de factores productivos ( $z_t$ ) que asegure la satisfacción de una demanda final determinada ( $y_t^0$ ):

$$\begin{aligned}
& \min_{\mathbf{x}, \mathbf{z}} z_j \\
& \text{s.t.} \quad \begin{bmatrix} (\mathbf{I} - \mathbf{A}_{11}) & -\mathbf{A}_{12} & \mathbf{0} \\ -\mathbf{A}_{21} & \mathbf{I} - \mathbf{A}_{22} & \mathbf{0} \\ -\mathbf{B}_1 & -\mathbf{B}_2 & \mathbf{I} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \mathbf{x}_1 \\ \mathbf{x}_2 \\ \mathbf{z} \end{bmatrix} \geq \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1^0 \\ \mathbf{y}_2^0 \\ \mathbf{0} \end{bmatrix} \quad (2)
\end{aligned}$$

Luego, se presentan los resultados de los (n+m) problemas (1) y (2) en una matriz de pagos  $\mathbf{P}_{t,t}$

$$\mathbf{P}_{t,t} = \begin{bmatrix} \mathbf{y}_{1,t}^{*1} & \cdots & \mathbf{y}_{1,t}^{*n} & \mathbf{y}_{1,t}^0 + \mathbf{s}_{y_1}^1 & \cdots & \mathbf{y}_{1,t}^0 + \mathbf{s}_{y_1}^m \\ \mathbf{y}_{2,t}^{*1} & \cdots & \mathbf{y}_{2,t}^{*n} & \mathbf{y}_{2,t}^0 - \mathbf{s}_{y_2}^1 & \cdots & \mathbf{y}_{2,t}^0 - \mathbf{s}_{y_2}^m \\ \mathbf{z}_t^0 - \mathbf{s}_z^1 & \cdots & \mathbf{z}_t^0 - \mathbf{s}_z^n & \mathbf{z}_t^{*1} & \cdots & \mathbf{z}_t^{*m} \end{bmatrix} \quad (3)$$

donde  $\mathbf{s}_y$  es un vector de las variables de holgura (slacks) para  $\mathbf{y}$  y  $\mathbf{s}_z$  es el vector de holguras para  $\mathbf{z}_t$ .

$$\mathbf{P}_{t,t} = \begin{bmatrix} \mathbf{P}_{1;t,t} \\ \mathbf{P}_{2;t,t} \\ \mathbf{P}_{3;t,t} \end{bmatrix}$$

La matriz  $\mathbf{P}_{t,t}$  representa las mejores combinaciones de uso de factores y demanda final y emisiones de contaminantes. En términos del Análisis de la Envoltura de Datos (DEA) dicha matriz representa las unidades de toma de decisiones (DMU) que representan la frontera eficiente, en 2005 y en 2011. En lo que resta de la metodología, se utiliza dicha frontera eficiente para evaluar la economía colombiana efectivamente observada en 2005 y en 2011. Para ello se plantea el siguiente problema DEA:

$$\begin{aligned}
\rho_t(\mathbf{z}_t^0, \mathbf{y}_t^0) &= \max_{\mu, \beta} \beta \\
& \text{s.t.} \quad -\beta \mathbf{y}_{1,t}^0 + \mathbf{P}_{1;t,t} \mu \geq \mathbf{y}_{1,t}^0, \\
& \quad -\beta \mathbf{y}_{2,t}^0 + \mathbf{P}_{2;t,t} \mu \leq \mathbf{y}_{2,t}^0, \\
& \quad \beta \mathbf{z}_t^0 + \mathbf{P}_{3;t,t} \mu \leq \mathbf{z}_t^0
\end{aligned} \quad (4)$$



- Efficient economy:  $\rho_t = 0$
- Inefficient economy  $\rho_t > 0$

Con los resultados de este problema, los coeficientes de ineficiencia  $\rho$ , se puede calcular los índices de Luenberger, que miden el cambio en productividad, eficiencia y cambio tecnológico entre dos periodos.

$$\text{PRODCH}(\mathbf{z}_t^0, \mathbf{y}_t^0, \mathbf{z}_{t+1}^0, \mathbf{y}_{t+1}^0) = \frac{1}{2} [\rho_{t+1}(\mathbf{z}_t^0, \mathbf{y}_t^0) - \rho_{t+1}(\mathbf{z}_{t+1}^0, \mathbf{y}_{t+1}^0) + \rho_t(\mathbf{z}_t^0, \mathbf{y}_t^0) - \rho_t(\mathbf{z}_{t+1}^0, \mathbf{y}_{t+1}^0)]$$

$$\text{EFFCH}(\mathbf{z}_t^0, \mathbf{y}_t^0, \mathbf{z}_{t+1}^0, \mathbf{y}_{t+1}^0) = \rho_t(\mathbf{z}_t^0, \mathbf{y}_t^0) - \rho_{t+1}(\mathbf{z}_{t+1}^0, \mathbf{y}_{t+1}^0)$$

$$\text{TECHCH}(\mathbf{z}_t^0, \mathbf{y}_t^0, \mathbf{z}_{t+1}^0, \mathbf{y}_{t+1}^0) = \frac{1}{2} [\rho_{t+1}(\mathbf{z}_{t+1}^0, \mathbf{y}_{t+1}^0) - \rho_t(\mathbf{z}_{t+1}^0, \mathbf{y}_{t+1}^0) + \rho_{t+1}(\mathbf{z}_t^0, \mathbf{y}_t^0) - \rho_t(\mathbf{z}_t^0, \mathbf{y}_t^0)]$$

Con algo de álgebra se puede mostrar que:

$$\text{PRODCH} = \text{EFFCH} + \text{TECHCH}$$

esto es, los cambios de productividad se pueden descomponer en cambios de eficiencia (i.e. distancia a la frontera) y cambio técnico (i.e. movimiento de la frontera). Además, esto se cumple por factores de producción y por bienes:

$$\text{PRODCH}_j = \text{EFFCH}_j + \text{TECHCH}_j$$

$$\text{PRODCH}_i = \text{EFFCH}_i + \text{TECHCH}_i$$

Por último, también se cumple que la contribución por sectores es igual a la contribución por factores:

$$\sum \text{EFFCH}_j = \sum \text{EFFCH}_i; \quad \sum \text{TECHCH}_j = \sum \text{TECHCH}_i$$

## Datos

La principal fuente de información es el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE) de Colombia:

- La dotación de trabajo y su división entre los tres tipos es calculada a partir de la Gran Encuesta Integrada de Hogares
- El stock de capital se aproxima por medio de la formación bruta de capital fijo, utilizando el método del Inventario Permanente de la OCDE
- Las emisiones salen de la Cuenta Satelital Ambiental
- Se utilizan las MIP domesticas para 2005 y 2011 (agregadas desde 61 a 5 grandes sectores)

## Resultados

En primer lugar, se presenta los resultados del indicador de ineficiencia obtenidos con la ecuación (4) para 2005 y 2011: el estadístico para 2005 fue  $\rho_{2005} = 0,0429$  y el de 2011 a  $\rho_{2011} = 0,1168$ . Esto indica que la economía colombiana no está aprovechando al máximo sus capacidades (i.e. es ineficiente) y que además, en su conjunto, experimentó un empeoramiento en su registro de eficiencia en el periodo de estudio. En el Cuadro 1 se puede apreciar que la economía colombiana experimentó una caída de aproximadamente 2.63 % en la productividad en el periodo comprendido entre 2005 y 2011. Esta variación responde, a su vez, a un cambio de eficiencia del -7.39 % (distancia a la frontera) y un cambio técnico (movimiento de la frontera) del 4.76 %.

Cuadro 1: Cambios 2005-2011

	PRODCH	EFFCH	TECHCH
Economía	-0.0263	-0.0739	0.0476

## Conclusiones

En este trabajo se implementa una metodología para cuantificar el aporte de la demanda final de algunos bienes, de los contaminantes y de los factores de producción a la productividad, la eficiencia y el cambio técnico. De esta forma, esta aproximación permite identificar cuál de aquellos componentes es más importante a la hora de hablar de estos temas, y por lo tanto se convierte en una herramienta útil para la toma de decisiones de política pública.

## Referencias

*Briec, W. and Kerstens, K. (2004). A luenberger-hicks-moorsteen productivity indicator: its relation to the hicks-moorsteen productivity index and the luenberger productivity indicator. Economic Theory, 23:925–939.*

*Leontief, W. (1970). Environmental repercussions and the economic structure: An input-output approach. The Review of Economics and Statistics, 52(3):262 – 271.*

*Luptacik, M. and Mahlberg, B. (2013). Eco-efficiency and eco-productivity change over time in a multisectoral economic system. Department of Economic Policy Working Paper Series, (1):1 – 30.*

*Luptacik, M. and Mahlberg, B. (2016). Productivity change in a multisectoral economic system. Economic Systems Research, 28(3):344 – 361.*

## END-OF-LIFE TIRE MANAGEMENT IN COLOMBIA: CHALLENGES IN IMPLEMENTING THE EXTENDED PRODUCER RESPONSIBILITY IN AN EMERGING MARKET

---

JOOYOUNG PARK

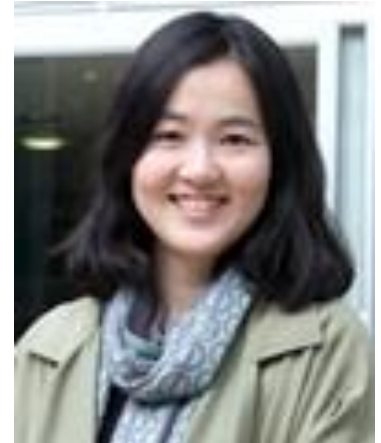
---

PhD. en Estudios Ambientales

Docente

Universidad de los Andes, Escuela de Administración

Nohora Díaz, and Santiago Mejía<sup>42</sup>



Extended producer responsibility (EPR) extends the responsibility of the producers to cover the entire life cycle of their product, especially for the take-back, treatment, and disposal of the end-of-life (EoL) products. By shifting the burden of end-of-life management costs from municipalities to producers, EPR aims to achieve greater environmental outcomes and economic efficiencies, by providing incentives to prevent waste at the source, promoting eco-design of products, and increasing investment in consistent infrastructure, technology, as well as public outreach and education efforts (OECD 2001). The key characteristics of EPR is to internalize costs of waste management, with the private sector expertise, and shift its financial burden from municipalities and taxpayers to firms and consumers (Lifset et al. 2013). EPR emerged as a market based, life-cycle oriented, and polluter-pays principle instrument in the 1990s, in response to the limitation in the government-led “command-and-control” type measures of waste management (Hickle 2014; OECD 2001). Currently, there are about 400 EPR systems in operation around the world to manage various end-of-life products including small consumer electronic equipment, packaging, tires, vehicles, and lead-acid batteries (OECD 2016).

Following the international trend of waste management and to join the OECD, Colombia adopted the principle of EPR in 2005. Colombia introduced the principle of EPR to its first national policy on hazardous waste management, “Prevención y el

---

<sup>42</sup>School of Management, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia

manejo de los residuos o desechos peligrosos” (Prevention and Management of hazardous residues and waste - Decree 4741 of 2005) (Ministerio de Ambiente 2005). Since 2007, the EPR regulations had entered into force targeting specific hazardous waste materials such as household pesticide containers (in 2007), pharmaceutical waste (in 2009), small batteries, light bulbs and computers (in 2010), and further expanded to cover non-hazardous waste streams such as used tires (in 2010). As of 2016, these seven waste streams are subject to the EPR regulations. In this study, with a particular focus on the tire waste, we investigated the governance and performance of the EPR system to evaluate whether it achieved its intended goals for waste management and analyze associated constraints and challenges.

### **The EPR system for tire waste**

Before the tire EPR system was established in 2012, there were no proper management systems for this type of waste. Waste tires were mainly burned in artisanal kilns as a replacement of coal or wood without proper control of emissions, burned in open public spaces to extract scrap steel, informally stored or abandoned in the public spaces (Rueda Verde 2013; Pirachicán-Mayorga et al. 2014). These practices can pose a significant concern, presenting health and environmental hazards. Improperly stored tires are potential breeding grounds for disease vectors, and tire fire is difficult and expensive to extinguish while causing air, soil, and water pollution problems (Jang et al. 1998). Despite the problems with tire waste, the use of tires has been rapidly increasing as a result of a higher number of vehicles on the road. Between 2002 and 2015, the number of automobiles, buses, trucks, vans, motorcycles, trailers and others circulating in Colombian roads had increased from approximately 3.8 million to 12 million (Mintransporte 2015). According to the import statistics from the National Tax and Customs Office of Colombia (Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales de Colombia, DIAN) and other sources, the unit of tires imported had been around 5.5 to 6.7 million (DIAN 2017).

With the increasing concerns with the tire waste, the Ministry of the Environment Housing and Territorial Development (currently the Ministry of the Environment and Sustainable Development) developed and issued Resolution 1457 in 2010. This resolution prohibited any uncontrolled and/or illegal disposition of waste tires, including

the abandonment of tires in a public space, the storage of tires in an open space, or the use of tires as a fuel at a facility not compliant. Instead, it imposed financial and physical obligations on tire producers and importers for the proper management of the end-of-life tires generated from automobiles, vans, buses, and trucks (The Ministry of the Environment Housing and Territorial Development 2010). Producers have to formulate, present, and implement a waste management scheme to meet the collection targets and finance the scheme without passing the incurred costs to consumers. Dealers and retailers have to manage the collection of waste tires, as they are the usual point of tire sales and replacement. Collected tires are then transferred to companies that offer mechanical crushing to produce granulated rubber products. The overall assessment, monitoring, and oversight of the EPR are under the responsibility of the National Environmental Licensing Authority (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, ANLA). ANLA performs an initial assessment of the EPR plan submitted by producers, and monitors the regulatory compliance and implement sanctions in the case of non-compliance. The Ministry of the Environment and Sustainable Development develops and revises EPR laws and regulations.

Producers and importers can fulfill their EPR obligations individually or as a group under a collective scheme, particularly through the establishment of a legal entity called a Producer Responsibility Organization (PRO). In a collective scheme, producers are jointly responsible for the management of all producers' products and comply with the EPR regulation in a cost-efficient way, although it may cause unfair sharing of costs and reduce incentives for product design changes (Atasu and Subramanian 2012). In Colombia, there are about 220 tire importers, a majority of which is affiliated to the ANDI. In 2009, about 73 producers and importers under the Chamber of Automotive Industries of ANDI established a collective PRO named *Rueda Verde* (Cardozo 2016). As of 2015, *Rueda Verde* had 84 member companies, covering approximately 92% of the market share. Its activities cover all responsibilities imposed on producers and importers, from collection to transportation and proper processing of tire waste, and overall program management including fee setting, selection of waste processors, and public outreach.

### **Performance of the Colombian tire EPR system**

Between 2012 and 2015, *Rueda Verde* had increased the units of tires collected, by expanding the collection points and its efforts on public outreach and collection campaigns. In 2015, approximately 2 million units of tires were collected from 179 collection points, equivalent to 38,000 metric tons. The reported collections were higher than the collection targets required by the Resolution 1457 throughout the four years, although the differences between the collected amount and the target were not significant except in the first year. All collected tires were either retreaded or processed (into granulated rubber products through mechanical crushing). The units of tires retreaded remained at a similar level, while the units of tires processed had increased steadily over the four years.

This shows that Colombian tire EPR system had increased the collection and removed waste tires abandoned in the public spaces effectively to a certain level. But this is still a low level compared to many other countries in Europe, which collect and recover more than 90% of the EoL tires (ETRMA 2017, 2014). In 2009, Portugal collected 90,000 tons of tire waste, more than 100% of the tires put into the market (Niza et al. 2014) and Spain collected 177,234 tons of tires in 2010 (Uruburu et al. 2013). Also, a majority of collected scrap tires in Europe are recycled or used as a fuel. But in Colombia, collected and/or processed tires are not always put into use, due to underdeveloped recycling market and insufficient demand for recycled products.

### **Current challenges and approaches to improve the tire EPR system**

#### *Environmentally effective management of tire waste*

The key objective of the EPR is to ensure environmentally effective management of end-of-life waste, particularly following waste hierarchy. The tire EPR system should first focus on reducing the generation of tire waste (e.g., extending its lifespan through design changes), and then consider the facilitation of its reuse (e.g., reuse of the casing, improving retreading), recycling and other forms of material recovery (e.g., development of new recycling technologies), and energy recovery that recovers only about 37% of the original energy embedded in tire (Sienkiewicz et al. 2012; OECD 2001).

In the Colombian context, where almost all tires are imported, it is difficult to expect that the EPR scheme in Colombia lead to the changes in the product design elsewhere. Then the next priority should be on material recycling, such as the production of cut tires, shreds, chips, rubber granulates, and rubber dust, which can be used for various applications, such as fillers or modifiers for the polymer composites used in the building, road/highway construction and engineering (Sienkiewicz et al. 2012). Colombia only relies on mechanical grinding to produce rubber granulates, which currently have limited and unstable applications. Also, the recycling market is not yet fully established and operated effectively. An audit document by ANLA (2016) pointed numerous issues in the tire waste collection, storage, and processing, such as environmental non-compliance (e.g., exceedance in noise level, no contingency plan, unauthorized actors), as well as reporting of incorrect or invalid information. It would be crucial to explore, evaluate and invest on other technologies and further expand the potential applications for the tire waste (e.g., erosion barriers, slope stabilization structure, breakwaters, avalanche shelters, landfill construction operations, or footwear and other products from tire waste). In a short term, the options for energy recovery (e.g., co-combustion of tire waste in the cement kiln or industrial boilers) should be promoted to avoid the accumulation of collected tires.

#### *Allocation of responsibilities and incentives*

In the Colombian EPR model, all financial and operational responsibilities are imposed only on producers and importers of tires, while the EPR scheme did not provide sufficient incentives or rewards to bring participation of other actors in the product chain including the generators of tire waste, retailers, waste management service providers, and public authorities. The individual and institutional end-users of tire are not subject to special legal requirements under the EPR, and they tend to have low level of awareness and interests in returning their EoL products. It would be instrumental to first do thorough investigations to understand take-back behaviors, under what conditions they are willing to take back their EoL tires and what economic instruments would work.

Retailers are in many cases not voluntarily committed to the proper collection of the tire waste. Other countries such as Portugal and Canada require distributors obliged to



accept EoL products in order to sell new ones (Hickle 2014), or the collection centers receive a subsidy or fee to cover the costs (Kojima et al. 2009; Manomaivibool and Vassanadumrongdee 2011; Ferrão et al. 2008). The waste management services providers, mainly those companies that do mechanical grinding, also suffer from economic disincentive due to the immature market for their recycled products. Particularly in emerging markets, recycling tend to be not profitable due to precarious technology and/or infrastructure, low number of processing facilities, or relatively high collection and transportation costs (Quariguasi Frota Neto and Van Wassenhove 2013). To overcome these barriers, the WEEE legislation in China provides a subsidy to recyclers, supporting and promoting recycling activities, particularly when e-waste is traded is at a positive value in the secondary market (Kojima et al. 2009). Depending on the type of actors and local contexts, various economic instruments, including taxes, deposit/refund, subsidy, need be examined for its effectiveness.

Currently, municipalities and local governments are only involved with public outreach and education campaigns for the EPR, due to the legal separation of their roles. But existing public infrastructure for the collection and transportation of the municipal solid waste can be a great asset to support the EPR system, particularly when EPR system is still in its development (Hickle 2014). The model of shared responsibility can be adopted, where local government has partial financial and physical responsibility for the collection and sorting of the waste (OECD 2001). In addition, a significant share of the waste and recyclable collection can be done by informal pickers. In one of the states of Brazil, tire importers established a program with local governments, with a fund from a Brazilian-British joint venture that controls 70% of the tire remolding market, where waste pickers and homeless people collected tire waste and sold it to the companies (Milanez and Bührs 2009). The program was apparently efficient, helping tire importers to fulfill their legal obligations. Colombia can learn from these experiences, regarding how to involve and benefit from existing infrastructure and resources.

### ***Transparency, legal framework and institutional monitoring/enforcement***

The evaluation of the EPR programs requires information about the material and/or monetary flows across all actors and the data needs to be compiled and reported in an efficient and standardized way for the calculation of relevant indicators (European Commission 2014). However, Colombia does not have an efficient information management system. Collection centers and tire processors report their tire collection or processing to Rueda Verde in a simple printed registry, which is not standardized, and the data are reported at every transaction. Therefore, Rueda Verde compiles thousands of tire transaction records manually, which is largely inefficient and highly subject to errors. This also makes monitoring highly complex and costly. ANLA has to review information in different forms from various sources. The EPR system in Colombia should adopt a standardized and centralized reporting system, as already seen in the online registry system in the Portuguese tire EPR system (Niza et al. 2014), or an electronic auctioning system in Spain (Uruburu et al. 2013).

ANLA assumes the complex responsibility of monitoring and enforcement to ensure legal compliance, conduct evaluations, and enforce sanctions, while its resources are limited. A part of the resources can come from the penalties or tax paid by incompliant manufacturers, which was the case in Spain, and this funds were used to finance the recycling and recovery of unmanaged tire waste and to support related environmental programs (Sienkiewicz et al. 2012). Another approach would be sharing compliance and oversight functions with local authorities (OECD 2001). The evaluations of the Brazilian tire EPR program noted that state governments were not involved in the EPR policy debate and therefore they did not take part in the monitoring, which resulted in the concentrated burden on just one authority (Milanez and Bührs 2009). A similar issue is also observed in Colombia, which seems to cause delays and gaps in the monitoring and enforcement. As of 2016, no sanction has been actually enforced.

Another important role of the government authority, particularly the Ministry of the Environment and Sustainable Development in the case of Colombian EPR, is to improve legal framework so that it stimulates innovation by focusing on results than on the means, while allowing flexibility with regards to implementation (OECD 2001). The Resolution 1457 established collection targets that should be accomplished, but the target was designed to increase mechanically without considering the market conditions,

particularly when the market for recycled products have not yet well established and not supported by other policies. Moreover, the reuse and recovery options of the process EoL tires were strictly defined and limited, not acknowledging some innovative uses of tire wastes other than the ones defined in the Resolution. This significantly discourages the development of recycling technologies and the market. Considering the national context of tire generation and reuse, the government should define collection and recovery targets that can be achieved under the current conditions and support the development of recycling technologies and markets through complementary policies and instruments.

## References

- ANLA. 2016. *Auto 05232*. Autoridad Nacional de Licencias Ambientales.
- Atasu, A. and R. Subramanian. 2012. Extended Producer Responsibility for E-Waste: Individual or Collective Producer Responsibility? *Production and Operations Management* 21(6): 1042-1059.
- Cardozo, E. 2016. Personal Communication with Cardozo, E., End-of-life tire management and the activities of Rueda Verde. October 10 2016.
- DIAN. 2017. International trade database of Colombia, edited by Dirección de Impuestos y Aduana de Colombia: Legiscomex.
- European Commission. 2014. *Development of Guidance on Extended Producer Responsibility*. DG Environmnet.
- Ferrão, P., P. Ribeiro, and P. Silva. 2008. A management system for end-of-life tyres: A Portuguese case study. *Waste Management* 28(3): 604-614.
- Hickle, G. T. 2014. An examination of governance within extended producer responsibility policy regimes in North America. *Resources, Conservation and Recycling* 92: 55-65.
- Jang, J.-W., T.-S. Yoo, J.-H. Oh, and I. Iwasaki. 1998. Discarded tire recycling practices in the United States, Japan and Korea. *Resources, Conservation and Recycling* 22(1-2): 1-14.
- Kojima, M., A. Yoshida, and S. Sasaki. 2009. Difficulties in applying extended producer responsibility policies in developing countries: case studies in e-waste recycling in China and Thailand. *Journal of Material Cycles and Waste Management* 11(3): 263-269.
- Lifset, R., A. Atasu, and N. Tojo. 2013. Extended Producer Responsibility. *Journal of Industrial Ecology* 17(2): 162-166.
- Manomaivibool, P. and S. Vassanadumrongdee. 2011. Extended Producer Responsibility in Thailand. *Journal of Industrial Ecology* 15(2): 185-205.

- Milanez, B. and T. Bührs. 2009. Extended producer responsibility in Brazil: the case of tyre waste. *Journal of Cleaner Production* 17(6): 608-615.
- Ministerio de Ambiente, V. y. D. T. 2005. Prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral, edited by V. y. D. T. Ministerio de Ambiente. Bogotá, D.C.
- Mintransporte. 2015. Transporte en Cifras: Estadísticas 2015: Ministerio de Transporte.
- Niza, S., E. Santos, I. Costa, P. Ribeiro, and P. Ferrão. 2014. Extended producer responsibility policy in Portugal: a strategy towards improving waste management performance. *Journal of Cleaner Production* 64: 277-287.
- OECD. 2001. *Extended Producer Responsibility: A Guidance Manual for Government*. Paris: OECD Publishing.
- OECD. 2016. *Extended Producer Responsibility - Updated Guidance*, edited by Working Party on Resource Productivity and Waste.
- Pirachicán-Mayorga, C., J. R. Montoya-Torres, J. Jarrín, and A. X. Halabi Echeverry. 2014. Modelling reverse logistics practices: a case study of recycled tyres in Colombia. *Latin American Journal of Management for Sustainable Development* 1(1): 58-72.
- Quariguasi Frota Neto, J. and L. N. Van Wassenhove. 2013. Original Equipment Manufacturers' Participation in Take-Back Initiatives in Brazil. *Journal of Industrial Ecology* 17(2): 238-248.
- Rueda Verde. 2013. *Annual EPR report: the year 2012*.
- Rueda Verde. 2016. *Annual EPR report: the year 2015*.
- Sienkiewicz, M., J. Kucinska-Lipka, H. Janik, and A. Balas. 2012. Progress in used tyres management in the European Union: A review. *Waste Management* 32(10): 1742-1751.
- The Ministry of the Environment Housing and Territorial Development. 2010. Resolution 1457. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Uruburu, Á., E. Ponce-Cueto, J. R. Cobo-Benita, and J. Ordieres-Meré. 2013. The new challenges of end-of-life tyres management systems: A Spanish case study. *Waste Management* 33(3): 679-688.

MARGARITA GUTIÉRREZ

---

MSc. Economía Ambiental y de los Recursos Naturales

Subdirectora

The Nature Conservancy



En el marco de las estrategias desarrolladas por The Nature Conservancy (TNC) en la región NASCA (Región Andes del Norte y Sur de Centro América), es posible identificar herramientas que se constituyen como alternativas para contribuir a la consolidación del crecimiento verde en Colombia.

En este sentido, se propone estructurar una ponencia que permita visibilizar cuáles han sido las lecciones aprendidas que la implementación de estos esfuerzos en Colombia han dejado y, cómo estos podrían servir de insumo técnico a la Misión de Crecimiento Verde que actualmente lidera el Departamento Nacional de Planeación.

Los tres temas identificados estarían cobijados dentro del enfoque 2.2 de Modelación Económica y 2.4 Instrumentos Económicos y Financieros.

A continuación se realiza una breve descripción de los temas presentados durante el Simposio:

En el último informe publicado por The Nature Conservancy, ‘El Poder de los Ríos’ (mayo 2017), se ilustra el potencial y valor de realizar un ejercicio holístico de planificación temprana a través del modelo conceptual de **“Hidroenergía por Diseño”**. Uno de los objetivos principales de este modelo es la identificación temprana de los impactos regionales y acumulativos a nivel de macrocuencas, para contribuir a una planificación hidroeléctrica estratégica que permita los beneficios de la nueva infraestructura y, que al mismo tiempo, mantenga sus sistemas fluviales sanos y

productivos. Esta publicación logra demostrar que, más allá de los beneficios ambientales, existen potenciales ganancias económicas, sociales y financieras al aplicar mejores prácticas en los procesos de planificación y evaluación de los proyectos del sector hidroeléctrico en cuencas críticas como la del Magdalena en Colombia.

Particularmente en Colombia, la publicación menciona el desarrollo de la plataforma SIMA (Sistema de apoyo a la toma de decisiones en Macrocuencas- caso Magdalena), que permite el análisis y la evaluación con criterios ambientales y sociales de combinaciones de grandes proyectos de infraestructura existentes y potenciales en la cuenca del Magdalena. SIMA es una herramienta estratégica para apoyar y alimentar la construcción de políticas de regulación energética (con un enfoque en la energía hidroeléctrica) y determinar su impacto en la calidad ambiental.

Lo anterior resulta clave cuando de crecimiento verde se trata: es precisamente este tipo de metodologías y aproximaciones las que sirven de herramienta a los tomadores de decisión para determinar entre otras, si sus acciones, políticas o estrategias fomentarán el crecimiento económico y a la vez incorporarán componentes de sostenibilidad ambiental que lleven a la conservación y no al detrimento de los recursos naturales.

Por otra parte, desde hace casi una década, TNC ha venido trabajando en el diseño e implementación de **Fondos de Agua**, mecanismos de financiación para la conservación de cuencas, como un modelo innovador para invertir recursos en la conservación de cuencas estratégicas y promover un modelo de gestión y gobernanza. Los Fondos de Agua son vehículos de impacto colectivo que emplean las inversiones de socios del sector público y privado para financiar proyectos con las comunidades locales para proteger páramos, restaurar bosques, proteger nacimientos y corrientes de agua, promover sistemas de producción más amigable y capacitar a las comunidades campesinas en manejo sostenible de los recursos. En Colombia existen 6 fondos de agua operando actualmente: Agua Somos (Bogotá, 2009), Agua por la Vida y la sostenibilidad (Valle del Cauca, 2010), Cuenca Verde (Medellín, 2013), Madre Agua (Cali, 2015), Alianza Biocuenca (Cúcuta, 2015) y Fondo de Agua de Cartagena (2016), mientras 3 más están en fase de diseño: Santa Marta, Sierra Nevada de Santa Marta y Bucaramanga.



En el marco del crecimiento verde, los Fondos de Agua brindan a las empresas un fuerte apoyo para reducir riesgos operacionales (cantidad y calidad de agua), reputacionales (cumplimiento de regulaciones y procesos de licenciamiento) y financieros (costos adicionales tratamiento y fuentes alternas de agua); y a los gobiernos y la sociedad civil una solución eficaz para influenciar e impulsar la conservación del capital natural en forma sostenible fortaleciendo el dialogo y la articulación institucional para mejorar la gobernanza del agua.

Finalmente, en el espíritu de la búsqueda de soluciones equilibradas entre la conservación y el desarrollo económico de los sistemas hídricos, en el marco del Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible, TNC junto con la Corporación Ecoversa, diseñó dos **esquemas de pago por servicios ambientales (PSA)** de regulación de la sedimentación, en las cuencas de Chinchiná y Río Quindío, que abastecen a los acueductos municipales de Manizales y Armenia, respectivamente.

Estos diseños involucraron la modelación de los aportes de sedimentos que se presentan en las dos cuencas a partir del modelo “Sediment Delivery Ratio model (SDR)” de InVEST 1, la recolección de información primaria de los costos de producción local y el análisis de los costos de potabilización. A partir del análisis de esta información se identificaron las áreas con mayores aportes y se proponen un conjunto de intervenciones (incremento de coberturas o conservación de relictos de bosques naturales) que mejoran el servicio de regulación de sedimentos.

Bajo el lente del crecimiento verde, estas intervenciones involucran en el caso de la actividad ganadera la inclusión de sistemas silvopastoriles que permiten mejorar la productividad y rentabilidad, disminuyendo los impactos sobre el medio ambiente. Este tipo de esquemas permiten a los tomadores de decisiones (entes territoriales, autoridades ambientales regionales) contar con herramientas que involucren criterios de costo efectividad en las intervenciones de mejoramiento medioambiental en el territorio.

YELLY YAMPARLI PARDO ROZO<sup>43</sup>

PhD. en Ciencias Naturales y Desarrollo Sustentable

Investigadora

Universidad de la Amazonía

Coautores

Lady Savine Artunduaga Barragán<sup>44</sup>

Yisell Lucía Escobar Caicedo<sup>45</sup>



## Introducción

La naturaleza proporciona bienes y servicios ambientales que el hombre puede disfrutar directa o indirectamente tales como: agua, aire limpio, alimentos, suelos, refugio, energía, medicinas y protección contra los desastres naturales, así como recreación, inspiración, diversidad y belleza (Wunder et al., 2007). Lo anterior hace referencia a los llamados servicios eco sistémicos (SE), los cuales se definen como mecanismos naturales que garantizan la disponibilidad de materias primas, energía y el ciclaje de elementos para la nueva disposición de estos recursos que satisfacen necesidades humanas y de otras especies; estos pueden clasificarse en servicios de apoyo, de aprovisionamiento, de regulación y servicios culturales (González, 2012). Sin embargo los principales problemas ambientales dado el aumento demográfico como el cambio climático y la tensión hídrica, a consecuencia de las formas actuales de producción y de consumo, han disminuido la cantidad y la calidad de muchos SE esenciales para la conservación de la vida y la salud humana.

---

<sup>43</sup> Estudiante Doctorado Ciencias Naturales y Desarrollo Sustentable, Magister en Economía del Ambiente y Recursos Naturales, Profesora Universidad de la Amazonia, [y.pardo@udla.edu.co](mailto:y.pardo@udla.edu.co)

<sup>44</sup> Estudiante Maestría en Tributación Universidad de la Amazonia, [la.artunduaga@udla.edu.co](mailto:la.artunduaga@udla.edu.co)

<sup>45</sup> Estudiante Maestría en Tributación Universidad de la Amazonia, [yi.escobar@udla.edu.co](mailto:yi.escobar@udla.edu.co)

En contraste, Colombia inmerso en el ecosistema estratégico de la gran cuenca amazónica en Suramérica, es rica en la oferta de servicios ambientales como la producción de agua y regulación hídrica, dada la abundancia de sus fuentes en escenarios naturales ya considerados como patrimonio mundial -como el caso del parque nacional natural de Chingaza en Cundinamarca- en los paisajes de subpáramo y de bosque alto andino. Colombia se caracteriza por la abundancia de redes hídricas especialmente en su región amazónica la cual es aprovechada para la pesca, el transporte fluvial y el consumo de agua y suministro de energía a través de las hidroeléctricas.

Sin embargo en América Latina, los sistemas ganaderos y agrícolas generan los mayores impactos al paisaje: disminución de los recursos naturales y cambios en la calidad de los servicios ambientales así como las emisiones de gases de efecto invernadero -como gas metano, gas carbónico y óxidos nitrosos- en especial las zonas tropicales y subtropicales donde se deforesta para dar espacio a pasturas para la ganadería extensiva (Peters et al., 2013; Morton et al., 2006). Esto ocurre porque además de la importancia económica, existe un fuerte arraigo cultural de la actividad agropecuaria (FAO, 2013).

Diversos estudios establecen que en los predios rurales se encuentran SE importantes como el secuestro de carbono, la conservación de bosques y disponibilidad de agua (Andrade et al., 2014; Somarriba et al., 2013). La importancia de la valoración de los SE en los predios agropecuarios radica en observar su contribución en el precio de las tierras, en la producción o en la utilidad y porque constituyen una línea base en la determinación de políticas ambientales (Pardo & Sanjinés, 2014).

Dado lo anterior, en América latina se han definido políticas para garantizar el cuidado del recurso hídrico en los frentes de colonización. Existe un mecanismo de política ambiental llamado pagos por servicios ambientales PSA, los cuales en Colombia fueron ratificados a través del decreto 0953 2013, donde se definen como una transferencia de recursos financieros de las personas que se benefician por los SE hacia los proveedores que los generan y que apoyan las externalidades positivas, por garantizar las

condiciones de los procesos ecológicos (Wunder et al., 2007). Los PSA son un mecanismo de gestión ambiental que presenta características tanto de mando y control como de incentivo económico.

En la última década, en Colombia se promueven los estudios y proyectos sobre los PSA como un mecanismo e instrumento de política ambiental para proteger ecosistemas estratégicos y mitigar problemas de contaminación como resultado de las actividades económicas que pueden afectar a las fuentes hídricas, la biodiversidad o la productividad de los suelos de acuerdo con el Decreto en mención.

Para establecer el valor del PSA existen criterios como el costo de oportunidad del uso del suelo, los cuales se hallan como la diferencia entre los ingresos y los costos operativos; este valor es expresado en pesos por hectárea por año (\$/ha/año) y dicho valor se multiplica por un factor de corrección que involucra aspectos biológicos y geográficos (Amarilla, citado en Rojas & Suarez, 2015); sin embargo existen otras alternativas como el valor del arrendamiento de la tierra.

En el departamento del Caquetá ya se registran experiencias sobre estudios para la determinación del valor de los PSA como mecanismo de protección de las fuentes hídricas (Pardo et al., 2016; Aguilar & Marín, 2015; Forero et al., 2016). De allí la relevancia de realizar estudios que evidencien la necesidad de crear figuras e instrumentos económicos como es el caso de los PSA para mitigar el fenómeno de deforestación y proteger nacederos y cuencas hídricas. La investigación buscó responder a la pregunta ¿cuál es la contribución económica de las diferentes coberturas en el precio de la tierra en el piedemonte amazónico? Con ello se pretende evidenciar la sensibilidad del precio de las fincas ante los cambios en el uso del suelo y observar la viabilidad de los PSA cómo política de gestión ambiental y mecanismo de protección para las fuentes hídricas en la zona.

### **Materiales y métodos.**

La investigación propone el uso del método de valoración económica ambiental Precios Hedónicos para determinar la disponibilidad a pagar marginal (DAPMg) por coberturas

(tales como pastos, bosques y cultivos) de los sistemas productivos en Belén de los Andaquíes, el cual es reconocido como municipio verde de Colombia por su riqueza hídrica y paisajística. Se analizó cómo el precio de la tierra puede depender de las coberturas como un primer paso para sustentar la construcción de mecanismos de regulación ambiental para la protección y uso sostenible de ecosistemas estratégicos - proveedores de servicios ambientales-. El estudio se fundamenta en los datos del proyecto de Pardo & Orjuela (2016). La zona de estudio corresponde a Belén de los Andaquíes, donde participaron 73 productores de fincas agropecuarias.

El modelo econométrico se establece de acuerdo con Freeman (2010), Labandeira et al., (2007) y Azqueta (2007), donde la función de precios hedónicos representa los valores de postura y oferta en el equilibrio del mercado, en el cual se maximizan los beneficios económicos debido a que se satisface la condición donde el precio de mercado de un bien o servicio es exactamente igual al costo marginal. Este método ha sido empleado para observar el comportamiento de los precios de un bien con características heterogéneas como es el caso de las fincas. Una vez el precio de la finca se relaciona con sus atributos (en este caso las diferentes coberturas), se plantea un modelo econométrico cuya estimación de parámetros se realizó empleando el métodos de mínimos cuadrados. Se utilizó una función lineal como se presenta en la ecuación 1.

$$(1) \quad Prec = \beta_0 + \beta_1 Ext + \beta_2 Past + \beta_3 Bosq + \beta_4 Cult + \varepsilon_i$$

Donde las variables son descritas a continuación:

Prec = Variable dependiente que expresa el precio de la finca en millones de pesos de 2016.

Extens = Variable explicativa continua que expresa el tamaño del predio en hectáreas (has).

Bosq = Variable explicativa continua que representa la cobertura en bosques que posee la finca expresada en has.

Cult = Variable explicativa continua que representa la cobertura en cultivos que posee la finca expresada en has.

Past = Variable explicativa continua que expresa en has la cobertura en pastos que posee el predio.

$\varepsilon_i =$  Término de error con  $N \sim (0, \sigma^2)$ .

Los parámetros  $\beta$  son los coeficientes que acompañan a cada una de las variables descritas, y representan las DAPMg por cobertura. Para validar el modelo econométrico estadísticamente, se realizaron pruebas de hipótesis de parcialidad y globalidad usando el estadístico de prueba t student y F Fisher respectivamente. También se interpretó el coeficiente de determinación  $R^2$ .

## Resultados

Aunque el precio de las fincas depende variables como: extensión, las condiciones de la vivienda, adecuaciones de las instalaciones, condiciones de las vías, productividad, distancia a un centro de comercio, antigüedad, metros construidos, entre otras (Pardo, 2005; Casas et al., 2004; Ramírez, 1998), se elige la extensión de la finca en hectáreas y tres variables vinculadas a los cambios en el uso del suelo, estas son, coberturas boscosas, pasturas y cultivos. Empleando el programa Excel se realiza la regresión lineal del cual se obtuvieron los siguientes resultados como se muestra en la tabla 1.

**Tabla 1. Modelo de regresión lineal.**

Estadísticas de la regresión				
Coefficiente de determinación $R^2$				0,8497439
$R^2$ ajustado				0,82871827
Error típico				101283846
Observaciones				73
Coeficientes (DAPMg) Error típico Estadístico t P value				
Extensión	4'177.131,94	1085298,99	3,84883058	0,00026198

Pastos	-696.870,696	1142454,98	-0,6099765	0,54388106
Bosque	-3'782.819,91	3089674,83	-1,2243424	0,22498697
Cultivo	5'023.669,98	1810747,77	2,7743621	0,00710976

---

La tabla 1 presenta los parámetros del modelo de regresión lineal (sin intercepto o regresión al origen), donde se observa una bondad de ajuste del 84,9%. En cuanto al sentido de los coeficientes se obtuvo el signo esperado: la relación del tamaño del predio y las hectáreas en cultivo tienen una relación positiva con el precio de las fincas; es decir, a mayor tamaño y hectáreas en cultivos, el precio de las fincas aumenta. El anterior resultado es relevante a un nivel de significancia  $\alpha = 1\%$ . Esto indica que por cada hectárea que aumente una finca, su precio incrementará en \$4'177.131,94 en promedio por hectárea; así mismo, por cada hectárea adicional de cultivos el precio de la finca aumentaría en \$5'023.669,98; valor que es superior al DAP marginal por la extensión.

De manera contraria a lo esperado, las variables bosques y pastos no fueron estadísticamente relevantes y además presentaron coeficientes negativos, lo cual indica que tanto las hectáreas en pasturas como las hectáreas en bosque no inciden en el precio de la finca; sin embargo el signo negativo indicaría que éstas variables disminuyen el valor del predio; esto se observa a través de su disponibilidad a pagar marginal negativa, lo que podría haberse interpretado como una disminución al valor en \$696.870 y de \$3'782.819 del predio cuando se tiene una hectárea adicional de pastos y bosques respectivamente; donde el primer valor puede asociarse a un salario mínimo en Colombia en la actualidad. Esto puede traducirse como el costo de oportunidad de uso del suelo, que es mayor para las zonas boscosas, tal vez porque presentan mayor potencial que los beneficios generados por el ejercicio ganadero.

## Discusión

Estudios previos empleando el método de precios hedónicos, como Ramírez en 1998 observó que en Florencia, cada hectárea adicional de bosque aporta cerca de un salario mínimo (smmlv) al precio de la tierra, esto en la zona rural consolidada; pero de forma contraria en 2005, Pardo anotó que en la frontera de colonización del Caquetá, las coberturas en bosques representan un costo de oportunidad de uso de la tierra, indicando que para el campesino es más rentable introducir pasturas que le generan mayor beneficio que mantener áreas en bosque, valor que también coincidió con un smmlv. De otro lado en 2016, Forero et al, encontraron que cada hectárea de cobertura boscosa agrega valor al predio en \$841.000 y en \$604.900 por hectárea de pasto en sistemas ganaderos en San Vicente del Caguán, Caquetá. Con ello se observa que en las zonas consolidadas los precios de las fincas reflejan un valor en los bosques, pero en zonas de frontera agrícola los bosques no son valorados sino vistos con otro uso potencial en ganado o agricultura.

No obstante, el presente estudio realizado en una zona consolidada, el bosque y las pasturas no fueron determinantes del precio de las fincas, situación que puede atribuirse a que el 75% de ellas dependen económicamente del cultivo de caucho (*hevea brasiliensis*), donde el 95% no cuentan con arreglos agroforestales; un 25% dependen económicamente de ganadería tipo leche en escala de subsistencia, por tanto son relevantes las áreas en cultivos.

En materia de política ambiental, una de las experiencias en la determinación del valor de los PSA en Colombia empleando como método el valor económico del bosque en el estudio de Borda et al., (2010) de la Microcuenca el Chainá en Boyacá, se obtuvo que el costo de oportunidad promedio fue de \$759.596 por hectárea por año, valor cercano al smmlv para Colombia en 2017. Otra experiencia en el país es la de Cundinamarca en los municipios de Villapinzón, Chocontá, Cogua, Zipaquirá, Sibaté, Bojacá, Tabio, San Antonio del Tequendama y Viotá, donde se determinó que los costos de oportunidad fueron de \$600.000, el cual fue el valor del PSA para un periodo de un año según Rojas & Suarez (2015).

En Caquetá, se tiene la experiencia del valor del PSA hallado en San Vicente del Caguán por Aguilar & Marín (2015) donde se obtuvo un costo mínimo a pagar anual promedio de \$3'833.198 por hectárea de bosque en la protección y conservación de una



fuente hídrica (quebrada El Arenoso), el cual es un valor muy alto respecto de los estudios realizados en el país, situación que puede atribuirse a las potencialidades propias de la zona tales como comercio de maderas, biodiversidad, hábitat de especies, material genético medicinal entre otros productos no maderables del bosque, ya que en esta zona se presenta la mayor tasa de deforestación en América Latina.

Si bien la DAPMg no es precisamente el valor del PSA, este valor logra dar orientaciones de cómo los usos del suelo puede agregar valor al mercado de tierras en diferentes zonas del país de acuerdo con las potencialidades o la productividad en las actividades agropecuarias. Para proponer un esquema de PSA en la zona se deben superar las expectativas de rentabilidad de las tierras, que en este caso, puede aproximarse a valores entre \$3'782.819 a \$5'023.669 por hectárea al año.

### **Conclusión**

El estudio determina la disponibilidad a pagar marginal por el uso de la tierra en cobertura boscosa, pasturas y cultivos en la zona de influencia directa de la quebrada La Mono, una zona de consolidación agropecuaria en Belén de los Andaquíes - Caquetá, empleando el método de valoración económica ambiental denominado precios hedónicos, para observar cómo el precio de la tierra puede afectarse por los diferentes cambios de uso en el suelo, como argumento y sustento para la construcción de mecanismos de regulación ambiental para la protección y uso sostenible de ecosistemas estratégicos proveedores de servicios ambientales, como es el caso de la regulación hídrica y producción de agua. Se encontró que por cada hectárea adicional y de cultivos, el precio del predio puede aumentar en \$4'177.131,94 y \$5'023.669,98 respectivamente. Las coberturas en pastos y bosques no fueron determinantes del precio de la tierra en esta zona; lo que demuestra que el diseño de una política de pago por servicios ambientales deberá superar la rentabilidad de los actuales sistemas agrícolas para incentivar a los productores hacia la conservación de ecosistemas estratégicos en sus tierras.

El estudio encontró que en los predios agropecuarios de la zona rural de Belén de los Andaquíes, las hectáreas de cultivo determinan el precio de la tierra. Los bosques y los pastos no fueron estadísticamente relevantes en la determinación del precio, de acuerdo

con el modelo de regresión lineal, aplicando el método de precios hedónicos. Los valores de PSA hallados son más altos que en los estudios en Colombia, lo cual puede atribuirse a la vocación forestal de la Amazonia y la importancia de los recursos y servicios ambientales.

## Referencias Bibliográficas

AGUILAR, Vanessa & MARÍN, Anatoly (2015). Primeros pasos de pago por servicios ambientales en el departamento del Caquetá. Seminario de Fiscalidad Ambiental SIFA: Avances y perspectivas en el mundo. Universidad de la Amazonia, Florencia Caquetá.

ANDRADE, Hernán; MARÍN, Lina & PACHÓN, Diana (2014). Fijación de carbono y porcentaje de sombra en sistemas de producción de Café (*Coffea arabica L.*) en el Líbano Tolima, Colombia. Bioagro 26(2). Universidad del Tolima, Ibagué Colombia.

AZQUETA, Diego. (2007). Introducción a la Economía Ambiental. Edición McGrawHill, Madrid, Universidad de Alcalá de Henares, pp 456.

BORDA, Carlos; MORENO, Rocío & WUNDER, Sven. (2010). Pagos por servicios ambientales en marcha: la experiencia de la microcuenca de Chaina en el departamento de Boyacá, Colombia. Centro de Investigación Forestal Internacional (60 págs).

FORERO, Alexandra; PARDO, Yelly & ANDRADE, Milton (2016). Valoración económica de las coberturas boscosas en sistemas productivos en San Vicente del Caguán, Seminario Internacional de Investigación, Innovación y Competitividad, Una estrategia de desarrollo agroindustrial en Territorio de Paz (Uniamazonia, Octubre de 2016), Florencia, Caquetá.

FREEMAN, M. A. (2010). The Measurement of Environmental and Resource (III) Values. Theory and Methods. Resources for the Future, Washington D.C.

GONZALEZ, M. A. (2012) Pagos por Servicios Ambientales en la Lucha contra la Desertificación: Esquemas de Pagos por Servicios Ambientales. Editorial Académica Española.

LABANDEIRA, X.; LEON, C. y VAZQUEZ, M. X. (2007). Economía Ambiental. Pearson educación SA, Madrid.

MORTON, D.; SHIMABUKURO, E.; & ANDERSON, L.; FREITAS, R. & MORISETTE J. (2006). Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon Proc. Natl. Acad. Sci USA. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN, FAO.

(2013) Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería: Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación.

PARDO, Yelly & ORJUELA, José. (2016). Determinación de los Costos de Oportunidad del Uso del Suelo relativo al Servicio Ambiental Almacenamiento de Carbono en la microcuenca de la quebrada la Mono en Belén de los Andaquíes, Universidad de la Amazonia, Florencia, Caquetá.

PARDO, Yelly & SANJINES, Gimmy (2014). Valoración Económica de servicios ambientales en sistemas agroforestales en América Latina. Revista de la Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas FACCEA, Universidad de la Amazonia, Volumen 4, Número 2. Florencia, Caquetá.

PARDO, Yelly (2005). Valoración económica de predios agropecuarios en la zona de colonización del Caquetá. Tesis de magister en Economía del Ambiente y Recursos Naturales, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.

PETERS, M.; HERRERO, M.; FISHER, M.; KARL-HEINZ, E.; IDUPULAPATI, R.; GUNTUR, V.; CASTRO, A.; ARANGO, J.; CHARA, J.; MURGUEITIO, E. & SEARCHINGER, T. (2013). Challenges and opportunities for improvising eco-efficiency of tropical forage-based systems to mitigate greenhouse gas emissions. Centro Internacional de Agricultura CIAT, Cali, Colombia.

RAMÍREZ, Alberto (1998). Identificación de atributos que determinan los precios de los predios ganaderos en el departamento del Caquetá: Una aplicación de precios hedónicos. Tesis de magister en Economía Ambiental y de Recursos Naturales PEMAR, Facultad de Economía. Universidad de los Andes, Bogotá.

ROJAS, Ferney & SUAREZ, Fabiola (2015). Pagos por servicios ambientales. Una experiencia innovadora. Seminario Internacional de Fiscalidad Ambiental, Universidad de la Amazonia, Florencia, Caquetá, Memorias Fiscalidad Ambiental: Avances y perspectivas en Colombia y el mundo ISBN 978-958-8770-41-3 Pag 90 – 97.

SOMARRIBA, E.; CERDA, R.; OROZCO, L.; CIFUENTES, M.; DÁVILA, H.; ESPINA, T.; MAVISOY, H.; ÁVILA, G.; ALVARADO, E.; POVEDA, M.; ASTORGA, C.; SAYA, E. & DEHEUELS, O. (2013). Carbon stocks and cocoa yields

in agroforestry systems of Central América. Agriculture, Ecosystems and Environmental, Elsevier.

WUNDER, Sven; WERTZ-KANOUNNIKOFF, Sheila; MORENO-Sánchez, Rocío; (2007). Pago por servicios ambientales: una nueva forma de conservar la biodiversidad. Gaceta Ecológica, julio-diciembre, 39-52.



JUAN PABLO ROMERO RODRÍGUEZ

---

MSc. en Economía Ambiental

Investigador en Incentivos a la conservación del proyecto Páramos, Biodiversidad y Recursos Hídricos de los Andes del Norte

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt



El proyecto Páramos, Biodiversidad y Recursos Hídricos de los Andes del Norte es un proyecto financiado por la Unión Europea y coordinado por el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Este proyecto toma lugar en tres países, Colombia, Ecuador y Perú. En Colombia opera en cinco nodos; Rabanal, Santurbán, Las Herosas, Los Nevados y Chiles Quitasol. En Ecuador en el nodo Chimborazo y en Perú en el nodo Piura.

El proyecto páramos tiene como objetivo “Fortalecer la capacidad de las comunidades e instituciones involucradas en la gestión de los páramos para conservar la biodiversidad y la regulación de los recursos hídricos.” Para esto, ha desarrollado una estrategia de intervención revolucionaria que, en vez de realizar acciones directamente en el territorio a través de un operador, la coordinación del proyecto, a través de apoyos económicos y técnicos, fortalece actores institucionales regionales para de esta forma, aportar a soluciones sostenibles en el tiempo.

Toda vez que el proyecto Páramos desarrolla su intervención principalmente en territorio colombiano, es muy importante tener claridad sobre el contexto nacional en el tema páramos y entender cómo dicho contexto afecta la gestión de estos ecosistemas estratégicos.

- El Plan Nacional de Desarrollo 2010 - 2014 sancionado por la ley 1450 de 2011<sup>46</sup>, en su artículo 202 exige al Ministerio de Ambiente, Vivienda y

---

<sup>46</sup><https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Normatividad/ley145016062011.pdf>

Desarrollo Territorial delimitar los páramos colombianos a escala 1:25.000, adicionalmente indica a las Corporaciones Autónomas Regionales, las de Desarrollo Sostenible, los grandes centros urbanos y los Establecimientos Públicos Ambientales, que zonifiquen y determinen el régimen de uso del suelo que estaría permitido en los páramos de su jurisdicción.

En el parágrafo 1 de este mismo artículo, se especifica “En los ecosistemas de páramos no se podrán adelantar actividades agropecuarias, ni de exploración o explotación de hidrocarburos y minerales, ni construcción de refinerías de hidrocarburos”

- El Plan Nacional de Desarrollo 2014 – 2018 sancionado por la ley 1753 de 2015<sup>47</sup>, en su artículo 173 se especifica que “En las áreas delimitadas como páramos no se podrán adelantar actividades agropecuarias ni de exploración o explotación de recursos naturales no renovables, ni construcción de refinerías de hidrocarburos”.

Estos dos antecedentes son fundamentales para la gestión de páramos en la medida en la que, dentro de un ecosistema que es considerado como estratégico, se restringen actividades económicas que son consideradas como potencialmente dañinas para la prestación de Servicios Ecosistémicos.

Sobre lo anterior es importante observar que, de acuerdo al Reporte de Estados y Tendencias de la Biodiversidad de 2015 (Andrade & Gómez, 2016):

- “del agua que provienen los páramos se benefician 16 de las grandes ciudades del país y cerca de 16,8 millones de personas (35% de la población nacional)”,
- “...se benefician 73 hidroeléctricas correspondientes al 53% del potencial hidroeléctrico del país”
- “173 distritos de riego toman agua que proviene del páramo y se usa para la producción de alimentos como papa, cebolla, hortalizas, café, arroz, entre otros cultivos, beneficiando a por lo menos 44.800 usuarios”

---

<sup>47</sup>[http://www.mincit.gov.co/loader.php?lServicio=Documentos&lFuncion=verPdf&id=78676&name=Ley\\_1753\\_de\\_2015.pdf&prefijo=file](http://www.mincit.gov.co/loader.php?lServicio=Documentos&lFuncion=verPdf&id=78676&name=Ley_1753_de_2015.pdf&prefijo=file)



Estos datos muestran que diferentes componentes del bienestar de la sociedad colombiana están fuertemente ligados al buen estado de los páramos, razón por la cual, los planes nacionales de desarrollo (ley 1450 de 2011 y ley 1753 de 2015) han introducido restricciones en el uso de la tierra en estos ecosistemas. Estas restricciones, en el caso de los recursos no renovables, afecta principalmente a personas jurídicas que podrían desarrollar esta actividad en otro lugar de Colombia.

Las actividades agropecuarias desarrolladas en el páramo tienen una connotación diferente en la medida en la que, dichas actividades son desarrolladas en su mayoría por personas naturales como su principal actividad económica. Por ejemplo, en el Páramo de Rabanal (Ver (Corpochivor, 2016), el 90% de los predios localizados en la cuenca alta del Río Teatinos tiene entre una y cinco hectáreas y en estos predios se desarrollan actividades de cultivo de papa o ganado doble propósito. A estas personas, que desde hace varias generaciones habitan este territorio, derivan su sustento de esta tierra y tienen sus raíces personales y su identidad como individuos en el páramo, se les está exigiendo que cambien su forma de vida para que el resto de la sociedad pueda seguir disfrutando de los beneficios que el páramo brinda a la sociedad Colombiana.

La sentencia de la Corte Constitucional C-035 de 2016, especifica entre otras cosas que, para el caso de los páramos, habrá un espacio temporal de transición en el que, de forma gradual las actividades agropecuarias se deben desarrollar de una forma menos impactante con el ambiente, para posteriormente dejarse de desarrollar En este ecosistema. Este espacio de tiempo es una oportunidad para que la sociedad colombiana disminuya la generación potencial de conflictos y plantee alternativas reales para las gentes que habitan el páramo colombiano.

La reconversión de las actividades agropecuarias y su eventual restricción en el páramo, apunta a que se detenga el avance de la frontera agrícola, se mejore o en su defecto mantenga la calidad actual de este ecosistema estratégico, para que se continúen prestando los servicios ecosistémicos que requiere una gran porción de la sociedad colombiana.

Lo anterior es un desafío social, económico y ambiental que puede ser asumido por las instituciones nacionales, regionales y locales de Colombia, siguiendo estrategias como:

- Concertar acuerdos con las comunidades del páramo: Esta estrategia parte de identificar a las comunidades que habitan los páramos, su situación económica y social actual, su relación con el territorio. Posteriormente se plantean procesos de diálogo con información simétrica, que lleven a acuerdos justos, que disminuyan la posibilidad de que se sigan presentando conflictos.
- Reconversión productiva: Esta estrategia consiste en analizar las actividades agropecuarias desarrolladas en el páramo, para posteriormente cambiar sus formas de producción para que sean menos impactantes con los páramos.
- Restaurar ecosistemas degradados: Esta estrategia consiste en intervenir ecosistemas degradados y buscar recobrar su funcionalidad para que puedan continuar prestando los servicios ecosistémicos requeridos por la sociedad.
- Monitorear la prestación de los servicios ecosistémicos: Esta estrategia parte del entendimiento de que, si bien la corresponsabilidad exige el aporte de los beneficiarios de los servicios ecosistémicos en su mantenimiento, estos beneficiarios requieren de refuerzos positivos que les hagan ver que su inversión en el mantenimiento del páramo está rindiendo los frutos que se esperan, adicionalmente, el monitoreo permite ver medir el impacto en la prestación de los servicios que tienen tanto la reconversión productiva, como la restauración.

Los esquemas de Pago por Servicios Ambientales – PSA hídricos son en esencia “una expresión de una alianza entre diferentes actores... en la que se construye una economía de gestión del territorio para que el agua continúe fluyendo a través de el...” (Baptiste, 2016), buscando que este recurso mantenga su cantidad y calidad en el tiempo. En este orden de ideas, la alianza es entre dos grupos de personas; las que se benefician del servicio hídrico aguas abajo y las que habitan el territorio que hace posible que la cantidad y la calidad del agua se mantengan en el tiempo. Uno de los resultados de la alianza es que, quien disfruta del agua, pueda compensar a quien habita el territorio para que modifique el uso y/o la forma en la que usa la tierra.

Los PSA son una herramienta de gestión ambiental fundamental para el Páramo porque:

- Hacen que, quien disfruta de los servicios ecosistémicos pueda aportar activamente en el mantenimiento de los mismos.

- La implementación de las estrategias de gestión en el páramo requiere de cuantiosas cantidades de dinero. Por ejemplo, Cortolima en 2009<sup>48</sup> planteó un Plan de Manejo Ambiental para los Páramos que se encontraban en su jurisdicción, concretamente para las áreas que no están dentro de ninguno de los tres Parques Nacionales Naturales que están dentro del departamento y que están en Páramo (Nevados, Hermosas y Nevado del Huila). Este plan de manejo concluyó que, para los tres primeros años del mismo, se requeriría de \$ 52.947.736.510 (cerca de \$167.000 por hectárea) ¿Quién debería entonces pagar por eso? Los esquemas PSA son una herramienta importante que aporta en la financiación de los diferentes tipos de acciones que se deben implementar en el Páramo.
- Los páramos son ecosistemas sobre los que diferentes instituciones tienen jurisdicción (P ej: Corporaciones Autónomas Regionales, Alcaldías, Gobernaciones, Parques Nacionales Naturales), razón por la cual, la acción coordinada de estas instituciones es requerida para que la gestión sea más eficiente y se pueda lograr más con menos. La acción conjunta entre instituciones en el marco del PSA, está especificada en el decreto 0953 de 2013 que reglamenta el artículo 111 de la ley 99 de 1993, toda vez que especifica que para desarrollar esquemas PSA con estos recursos, debe haber una interacción continua entre la autoridad ambiental, que recomienda las zonas de intervención y las alcaldías y gobernaciones que, son quienes aportan los recursos económicos para que se desarrolle el esquema.
- Son un incentivo para que los dueños de la tierra decidan mantener las coberturas nativas de sus predios, reconvertir la forma en la que hacen uso productivo de sus tierras y ceder tierra que utilizan para desarrollar actividades agropecuarias a usos de conservación.
- Incentiva a las instituciones tanto públicas, como privadas, a que hagan inversiones en entender mejor el funcionamiento del ecosistema páramo, para de esta forma poder cuantificar cómo los diferentes tipos de intervenciones en el

---

<sup>48</sup>[https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro\\_documentos/estudios/plan\\_manejo\\_ambiental\\_paramos\\_dpto\\_tol.pdf](https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/estudios/plan_manejo_ambiental_paramos_dpto_tol.pdf)

territorio afectan la prestación de los diferentes tipos de servicios prestados por este valioso ecosistema.

Es claro para la institucionalidad ambiental colombiana la importancia que tienen los esquemas de PSA, razón por la cual, en mayo de 2013, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible a través del decreto 0953 de este mismo año, reglamenta el artículo 111 de la ley 99 de 1993. Este decreto es fundamental en la medida en la que abre la puerta para que se desarrollen esquemas de PSA con el objetivo de mantener áreas de importancia estratégica para la conservación del recurso hídrico.

Es importante observar que, toda vez que el decreto 0953 de 2013 reglamentaba un artículo de una ley, todo lo que se disponía en el decreto debía seguir lo dispuesto en la ley, así las cosas, es necesario tener claridad en que, el artículo 111 de la ley 99 de 1993 especificaba que “...los departamentos y municipios debían dedicar un porcentaje no inferior al 1% de sus ingresos corrientes para la adquisición y mantenimiento de las áreas de importancia estratégica para la conservación del recurso hídrico...”<sup>49</sup>, esto quiere decir que, los recursos reglamentados en este decreto tenían como objetivo principal la compra de predios y adicionalmente, el mantenimiento de predios públicos.

Se plantea entonces que, lo novedoso del decreto 0953 de 2013 es que incluía a los PSA financiados con recursos públicos como alternativa para la conservación de áreas de importancia estratégica del recurso hídrico, sin embargo, como se debía seguir la línea de la ley, el decreto especificaba que los PSA eran un paso intermedio para la compra de predios y adicionalmente especificaba que la duración de este tipo de esquemas debía ser de hasta 5 años. Si bien el decreto no establecía cuando se debían comprar los predios, ni si después de los 5 años del esquema, se podían renovar, tanto las instituciones públicas como las personas naturales que podían recibir el esquema, manifestaron desconfianza frente a desarrollar esquemas de PSA con el 1% de los recursos de municipios y gobernaciones (Ver (Romero Rodríguez, 2016)), por esta razón, a Diciembre de 2016 solo operaba en Colombia un esquema PSA con estos recursos.

---

<sup>49</sup>[http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2013/dec\\_0953\\_2013.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2013/dec_0953_2013.pdf)

El decreto 0953 de 2013 era positivo para la gestión de páramo porque permitía incentivar a propietarios y poseedores regulares para que conservaran porciones remanentes de coberturas nativas a cambio de un reconocimiento en efectivo o en especie, por otro lado, este decreto presentaba los siguientes inconvenientes frente a la gestión del páramo:

- No todos los páramos y en toda su extensión, podían ser beneficiarios de los recursos reglamentados por este esquema, esto en la medida en la que, solo se podían invertir recursos de esta fuente, si y solo si una autoridad ambiental <sup>50</sup> determinaba si el páramo era o no un área de importancia estratégica para la conservación del recurso hídrico para algún municipio o departamento de su jurisdicción. La autoridad ambiental también debía especificar qué parte del páramo era estratégica para cada ente territorial.
- El incentivo asociado al PSA se reconocía por conservar coberturas nativas, mejorar las condiciones de coberturas naturales existentes y por restaurar coberturas naturales que están actualmente en producción. El valor del incentivo que se reconoce tiene unos topes y esto pone un límite a las posibilidades de gestión del PSA en la medida en la que, por ejemplo, cuando se hacen pagos en especie, se busca que estos sean reinvertidos dentro de los predios del beneficiario en el marco de un plan construido en un proceso de Planeación Predial Participativa y por lo general, los recursos del PSA son muy bajos para cubrir todo lo que se debe realizar en un predio.

Un ejemplo práctico de lo anterior tiene que ver con que, reconvertir una hectárea de papa en el altiplano Cundiboyacence puede llegar a costar hasta cerca de 30 millones de pesos en un periodo de 3 años (Ver (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2013) y en este mismo periodo de tiempo, se podría asignar en especie como parte de un esquema PSA cerca de dos millones de pesos (Corpochivor, 2016) (Aproximadamente el 7% del valor de la reconversión productiva).

---

<sup>50</sup> Parques Nacionales Naturales, Corporaciones Autónomas Regionales, Grandes Centros Urbanos y establecimientos públicos Ambientales

- La planeación y ejecución del gasto público se debe realizar en periodos anuales<sup>51</sup>, por lo tanto, contractualmente los procesos de contratación deben empezar y terminar en el mismo año o en su defecto, pueden haber unos periodos de ajuste o de cierre de obligaciones en meses posteriores al cierre fiscal. A continuación se presentan dos ejemplos de porque lo anterior podría ser problemático dentro de la gestión del páramo.
  - La implementación de esquemas de PSA depende de alianzas entre actores que se deben materializar en acuerdos contractuales y los tiempos de estos acuerdos dependen de la confianza. La confianza entre actores se genera como resultado de procesos cuya duración es variable en el tiempo.
  - Los procesos de restauración en páramo son más lentos que en otros tipos de ecosistemas, de manera que si se quiere tener procesos exitosos de este tipo, es necesario tener acciones constantes en el tiempo, esto quiere decir una programación y ejecución continua de recursos.

Los dos puntos anteriores permiten concluir que, las normas de uso de los recursos públicos reglamentados por el decreto 0953 para el desarrollo de esquemas de PSA en páramos, hacen que implementar las estrategias de gestión requeridas por el páramo sea complejo y poco constante en el tiempo.

- Los municipios pequeños tienen muy pocos recursos corrientes, por lo tanto no podrían desarrollar un esquema PSA por sí mismos. Un ejemplo de esto es el municipio de Ventaquemada en Boyacá, que tiene localizado el 16% de su área total dentro del páramo de Rabanal<sup>52</sup> y que dispone de aproximadamente Veintinueve millones de pesos anuales<sup>53</sup> potencialmente asignables al desarrollo de esquemas de PSA.

---

<sup>51</sup>[http://www.minhacienda.gov.co/HomeMinhacienda/ShowProperty;jsessionid=OW1vpkMiX7QCLEfNnNWXuMqqH8P8yBLEalj43azrbTyrBQdiDakn!-1056584588?nodeId=%2FOCS%2FMIG\\_5817912.PDF%2F%2FidcPrimaryFile&revision=latestreleased](http://www.minhacienda.gov.co/HomeMinhacienda/ShowProperty;jsessionid=OW1vpkMiX7QCLEfNnNWXuMqqH8P8yBLEalj43azrbTyrBQdiDakn!-1056584588?nodeId=%2FOCS%2FMIG_5817912.PDF%2F%2FidcPrimaryFile&revision=latestreleased)

<sup>52</sup>[http://www.ventaquemada-boyaca.gov.co/informacion\\_general.shtml](http://www.ventaquemada-boyaca.gov.co/informacion_general.shtml), <http://www.humboldt.org.co/es/test/item/559-paramos-y-sistemas-de-vida-rabanal>

<sup>53</sup>[http://www.contaduria.gov.co/wps/portal/internetes/!ut/p/b1/04\\_Sj9CPykssyoxPLMnMzovMAfGjzOINzPyDTEPdQoMqzX2MDTyDAoJdAkPNjY3CTIAKIkEKcABHA7z6g-D6cShwMyLSfwKnL3NKdIPciAB\\_X4e-bmp-gW50aGhEeWKAACWLNsl/dl4/d5/L2dJQSEvUUt3QS8oSmtFL102XzMwNDAwOEJSNkw1TDgwSVJHRks2M1ZIOEEz/](http://www.contaduria.gov.co/wps/portal/internetes/!ut/p/b1/04_Sj9CPykssyoxPLMnMzovMAfGjzOINzPyDTEPdQoMqzX2MDTyDAoJdAkPNjY3CTIAKIkEKcABHA7z6g-D6cShwMyLSfwKnL3NKdIPciAB_X4e-bmp-gW50aGhEeWKAACWLNsl/dl4/d5/L2dJQSEvUUt3QS8oSmtFL102XzMwNDAwOEJSNkw1TDgwSVJHRks2M1ZIOEEz/)

- Desde la titularidad de la tierra, este decreto incluía solo dos tipos de beneficiarios; propietarios y poseedores regulares, dejando por fuera a los ocupantes de buena fe exenta de culpa.
- El carácter transitorio de los esquemas PSA planteado en el decreto generó un problema de confianza gigantesco tanto en potenciales beneficiarios del incentivo, como en autoridades ambientales y entes territoriales (Romero Rodríguez, 2016). La consecuencia práctica de esto es que ni siquiera el 1% de los cerca de trescientos mil millones de pesos<sup>54</sup> de 2014 habilitados por esta fuente, fueron utilizados en esquemas de PSA.<sup>55</sup>

Es importante observar que posterior a la emisión del decreto 0953 de 2013, el estado colombiano ha venido desarrollando un trabajo juicioso en el tema de PSA, muestra de esto es la emisión del decreto ley 870 de 2017. Este decreto se emite con base en las facultades presidenciales conferidas en el marco del postacuerdo y partiendo de las necesidades y lecciones aprendidas en PSA en el país:

- Genera un marco de política importante para el desarrollo de esquemas PSA en Colombia.
- Aumenta el alcance geográfico del desarrollo de esquemas PSA en Colombia, pasando de solo áreas de importancia estratégica para la conservación del recurso hídrico, a incluir ecosistemas estratégicos del país (Páramos, Humedales, Bosque Seco y Manglares), siendo esto particularmente importante para la gestión del páramo porque ya por defecto se pueden invertir recursos en PSA en cualquier parte de este ecosistema delimitado.
- Hace posible que fuentes de públicas de recursos habilitadas como; transferencias del sector eléctrico, la tasa por uso del agua, compensaciones por pérdida de biodiversidad e inversión del 1% de proyectos sujetos a licenciamiento, puedan financiar esquemas de PSA.
- Incluye el desarrollo de negocios verdes como una categoría generadora del incentivo, situación particularmente importante para la gestión del páramo en la

---

<sup>54</sup> Calculado con base en el informe de Desempeño fiscal de los departamentos y municipios 2014 del Departamento Nacional de Planeación de 2014. (<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Desarrollo%20Territorial/Desempe%C3%B1o%20Fiscal%202014.pdf>)

<sup>55</sup> El esquema de PSA de la Gobernación de Cundinamarca en ese periodo de tiempo sumaba un presupuesto cercano a 2.646 millones de pesos

medida en la que refuerza el papel de los PSA en el cumplimiento del requerimiento del Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 y de la sentencia C-035 de 2016, frente a la eventual sustitución de las actividades agropecuarias en páramo.

- Abre el abanico de servicios ecosistémicos reconocidos como parte de esquemas de PSA, pasando de solo el tema hídrico a incluir también servicios culturales, espirituales, reducción y captura de GEI y conservación de la biodiversidad.
- Hace transversal el tema de los PSA al incluir la gestión conjunta del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Agricultura y Departamento Nacional de Planeación.
- Soluciona el problema de la transitoriedad que se generaba en el decreto 0953 de 2013 como resultado de la redacción del artículo 111 de la ley 99 de 1993. Este es sin duda uno de los aportes más importantes que a corto plazo recibirá el país de este acto legislativo en la medida en la que, tiene la capacidad disminuir la desconfianza alrededor del desarrollo de esquemas de PSA con recursos públicos.

En términos generales, se observa que Colombia ha recorrido un camino importante en términos de esquemas de PSA y en el tema de los páramos todo está aún por escribirse y el desarrollo de la futura política pública en Colombia dependerá de los resultados del decreto ley 870 de 2017 y de la nueva configuración que tenga el decreto 0953 de 2013 a razón de la remoción de la transitoriedad.

Se observa que los siguientes temas podrían ser tenidos en cuenta dentro de la reglamentación de elementos específicos del decreto ley o en futuros elementos de política pública:

- Las normas de uso de los recursos habilitados para implementar esquemas de PSA deben ser compatibles con las necesidades del territorio. Esto quiere decir que, los tiempos de los recursos deben ser más flexibles y su asignación presupuestal debería poderse hacer en periodos de tiempo más largos. Todo lo anterior contra unos requisitos de planeación y seguimiento muy estrictos, tanto por los entes de control, como por la ciudadanía en general.



- El sector privado debe aportar más activamente en el desarrollo de esquemas de PSA y esto se puede lograr de dos formas, aumentando los incentivos por aportes voluntarios a esquemas de este tipo y/o aumentando los aportes obligatorios que se deben hacer por el uso comercial del agua captada de aguas superficiales y subterráneas (Tasa por uso del agua)
- Para la gestión del páramo sería clave que se reconociera la reconversión productiva como un hecho generador del incentivo de PSA. Esta acción aumentaría la cantidad de recursos disponibles para atender la disposición del Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 y de la sentencia C-035 de 2016 frente a la reconversión productiva de las actividades agropecuarias que se desarrollan actualmente en el páramo.

## **Bibliografía**

Andrade, G. I., & Gómez, M. F. (2016). *Biodiversidad 2015. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia*. Bogotá: Instituto Alexander von Humboldt.

Baptiste, B. L. (15 de Junio de 2016). Ciudades Resilientes y Recursos Hídricos. *Conferencia Tercera Bienal de Fondos de Agua*. Bogotá, Bogotá, Colombia: The Nature Conservancy.

Corpochivor. (2016). *Esquema de Pago por Servicios Ambientales Cuenca del Río Teatinos, del departamento de Boyacá*. Garagoa: Corpochivor.

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2013). *Producto 5C. Proyecto Borde Sur*. Bogotá: Instituto Alexander von Humboldt.

Romero Rodríguez, J. P. (2016). *Linea base grupo de trabajo técnico en incentivos a la conservación Proyecto Páramos, Biodiversidad y Recursos Hídricos en los Andes del Norte*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.11761/9717>

Secretaría Técnica Pactos por la Cuenca de Chinchiná. (16 de Julio de 2014). *Canal Youtube Pactos por la Cuenca de Chinchiná*. (P. p. Chinchiná, Editor)  
Recuperado el 16 de Febrero de 2016, de  
<https://www.youtube.com/watch?v=CCbkoj2E53Q>

TRACKING DOMESTIC FINANCIAL FLOWS SUPPORTING CLIMATE INVESTMENT: LESSONS  
LEARNED FROM THE LANDSCAPE OF CLIMATE FINANCE IN  
FRANCE

---

HADRIEN HAINAUT

---

MSc. en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible

Gerente de Proyecto, Finanzas Climáticas

Institute for Climate Economics - I4CE, Francia



*I4CE is an initiative of Caisse des Dépôts and Agence Française de Développement. The think tank provides independent expertise and analysis when assessing economic issues relating to climate & energy policies in France and throughout the world. I4CE aims at helping public and private decision-makers to improve the way in which they understand, anticipate, and encourage the use of economic and financial resources aimed at promoting the transition to a low-carbon economy*

## **Report**

### LANDSCAPE OF CLIMATE FINANCE IN FRANCE, 2016 EDITION

Authors: Hadrien Hainaut, Romain Morel, Ian Cochran

Available July 2017 (French version)

Available September 2017 (English version)

More information at <http://www.i4ce.org/download/landscape-of-climate-finance-2016-edition/>

---

## **Introduction**

The Paris Agreement calls for financial flows to be made consistent with a low-greenhouse gas emission pathway. As this objective requires an unprecedented redirection of investment, away from carbon-intensive and into low-carbon and climate resilient sectors and assets, improved transparency and understanding of current

financial flows is essential to assess and improve climate change policies and the greening of the financial system.

### **The Landscape of Climate Finance is a comprehensive study of domestic financial flows in favour of climate in France**

It is conducted since 2014 by I4CE, currently with support from the French Environment Ministry, the National Energy Management Agency (ADEME), and Climate-KIC.

Climate finance landscapes can complement other policy assessment tools (macro-economic modelling of alternative investment scenarios, cost-benefit analysis, cost-effectiveness analysis, etc.) as well as project assessment tools (return on investment analysis, financial sustainability analysis, financial risks analysis, project performance indicators, environmental impact indicators, external costs of projects, cost-benefit analysis, etc.).

The study maps the flows supporting investments leading to greenhouse gases mitigation across the French economy, and analyses how they relate to public policy. It tracks investment in tangible assets in five energy transition domains: energy efficiency, renewable energy generation, sustainable infrastructure, nuclear energy, and GHG emissions outside fuel combustion.

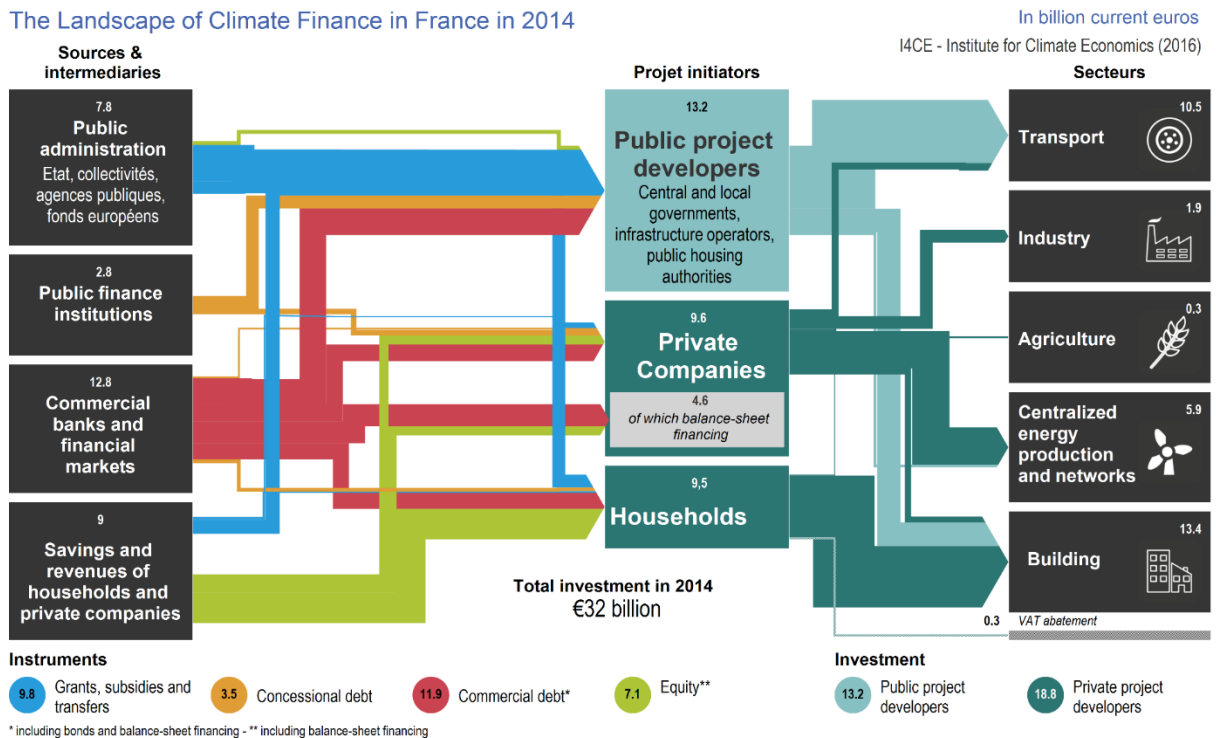
For each set of low-carbon assets, such as buildings, vehicles, energy production or transport infrastructures, data on capital expenditure and public and private sources of funding data is collected from publicly available sources, such as national budgets, national accounts, reports from public banks, utilities financial reports and sectorial surveys of project initiators.

### **In 2014, up to €32bn of investment contributed to climate mitigation in France.**

From this total, €12.8bn was invested in energy efficiency projects, €6.5bn in the development of renewable energy production, and €10.6bn for sustainable transport and network infrastructure. Investment in new and existing nuclear plants and GHG

reduction outside of energy consumption (such as agriculture, forestry and industrial processes) totaled an estimated €2.1bn.

**FIG. 1 – OVERVIEW OF CLIMATE INVESTMENT AND RELATED FINANCIAL FLOWS IN FRANCE, 2014**

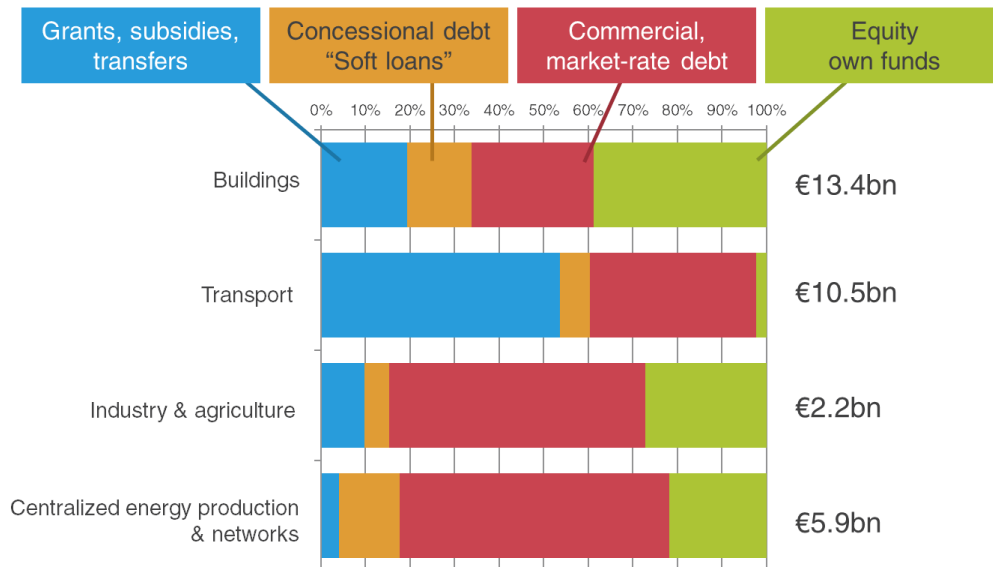


**Results show sector-specific and asset-specific breakdowns between financing instruments**

- Building sector energy efficiency investments are mostly financed by households’ own funds.
- Renewable energy and industrial energy efficiency use commercial loans and bonds to fund their projects.
- Support for sustainable transport infrastructure mostly comes from public subsidies.

This shows the need for sector-specific policies and instruments to adapt to the different anticipations of project managers over projects’ risks and returns.

**Fig.2 – Share of instruments categories used to finance low-carbon investment in France, 2014**



**Public sector plays a major role in driving domestic low-carbon financial flows**

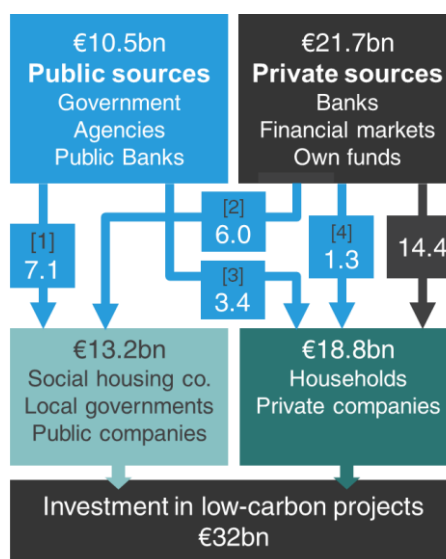
Financial flows driven by the public sector, including subsidies and soft loans directed towards private project developers, funded 55% of all investment. This highlights the dominant role of the public sector in collecting and redirecting finance towards low-carbon projects.

The public sector drives financial flows through different channels:

1. Direct financing of public project managers, for example when central or local government funds directly go to low-carbon, principally public infrastructure – projects. In this channel, the key issue is to ensure that public investment is consistent and aligned with national low-carbon strategies, including through better accounting of climate-related costs and benefits in project development phases;
2. Debt levied from private banks/markets by public project managers, such as infrastructure public companies or social housing companies. This channel shows potential for explicit green bonds to increase the flow of investment;

3. Subsidies and soft loans issued to private sector, for example in the private ownership sectors such as housing and individual vehicles. In this channel, instrument design and instrument delivery to the private sector are key issues;
4. Orientation of private sector flows. In this relatively new channel, government creates an obligation for certain private actors to direct financial flows towards low-carbon projects.

**Fig. 3 – Channels for public-driven finance in support of climate investment in France, 2014**



- [1] Direct financing of public project managers
- [2] Debt levied from private banks/markets
- [3] Subsidies and soft loans issued to private sector
- [4] Orientation of private sector flows

**Through multiple instruments, public support increased in key transition sectors**

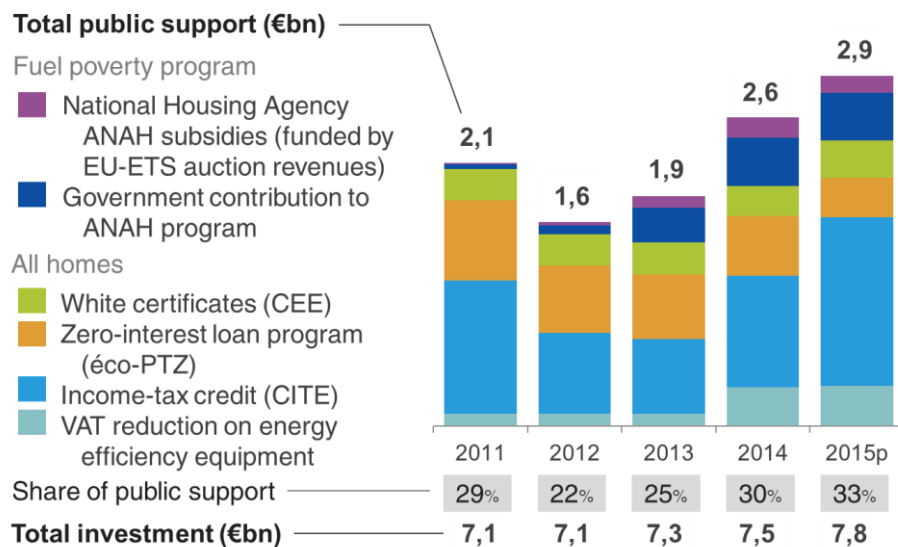
Public funding programs for low-carbon investment can adopt a variety of designs and financial instruments. This can lead to instruments overlapping, complementing or hindering each other’s efficiency. It is important to track instruments collectively and to measure their combined effect on overall investment.

Private housing retrofitting is one of the key areas of the French national low-carbon strategy, and represents a major investment challenge. From 2011 to 2015, we observe



significant variations in the amounts delivered by various public instruments, the breakdown of that amount between instrument types, and the share of public support in total investment.

**Fig. 4 – Evolution of public support and total investment in private housing retrofitting in France, 2011 to 2015**



## Applications

The Landscape of Climate finance in France monitors progress and helps targeting public intervention in key transition sectors. France’s national low-carbon strategy (SNBC) was elaborated and adopted in 2015-2016 following the adoption of the Energy transition law in 2015.

Results from the study are attached to the annual budget bill, in an annex dedicated to public and private financial flows towards the implementation of the national low-carbon strategy.

Comparing Landscape results with the economic impact assessment of the national low-carbon strategy, conducted by the Ministry of Environment and the National Energy Management Agency (ADEME), we identify an annual €10bn to €15bn gap between current investment levels and the estimated investment needs in the short term (2015 to 2019). Housing retrofitting represents a significant share of that gap, with €9bn in that sector alone.

As similar Landscapes are conducted in countries in the EU and across the globe, there is an opportunity to compare, contrast and learn from best practices and policies in financing national climate mitigation and adaptation. I4CE currently supports several projects to track public and private climate finance in Colombia, in collaboration with the Departamento Nacional de Planeación (DNP) with support from Agence Française de Développement (AFD).

Contact: [hadrien.hainaut@i4ce.org](mailto:hadrien.hainaut@i4ce.org)