



Investigación y Desarrollo

**Cooperación Española con el
Sistema de Investigación,
Desarrollo e Innovación en Ecuador**





Cooperación Española con
el Sistema de Investigación,
Desarrollo e Innovación
en Ecuador.



©Edición Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID)
Embajada de España en Ecuador – Oficina Técnica de Cooperación
Carlos Alfonso Abella y de Arístegui, Embajador de España en Ecuador.
Rafael H. García Fernández, Coordinador General de la Cooperación Española en Ecuador.
Elena Palomar Torralbo, Responsable del Programa de Investigación
Mario Fanjul Benítez, Responsable de Comunicación.

Investigación y Desarrollo. Cooperación Española con el Sistema de Investigación, Desarrollo e Innovación en Ecuador.
Año 2019.

Autoría
Textos: varios autores.
Revisión y apoyo editorial: Dagueda Salgado y María Augusta Olmedo V.
Fotografía: M. Fanjul / AECID, Ikiam, Fotografías de Proyecto y Autores.
Diseño: Blanca Tenorio P.
Impresión: Monsalve Moreno CIA. LTDA.

NIPO papel: 109-19-034-5
NIPO en línea: 109-19-035-0
Catálogo general de publicaciones oficiales de la Administración General del Estado;
<https://publicacionesoficiales.boe.es>
www.aecid-ecuador.ec / www.aecid.es

Esta publicación ha sido posible gracias a la Cooperación Española a través de la Agencia de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID). El contenido de la misma no refleja necesariamente la postura de la AECID.

Agradecimientos:
La AECID agradece a todas las personas e instituciones que hicieron posible la elaboración de este libro, especialmente a las universidades, institutos de investigación, organizaciones y sus equipos técnicos, docentes e investigadores.

Investigación y Desarrollo



Contenido

Prólogo del Embajador de España.....	7
Prólogo del Secretario de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación.....	11
Capítulo 1. Investigación y Desarrollo, una estrategia de la Cooperación Española en Ecuador.....	15
Capítulo 2. Investigando con la Comunidad.....	31
Experiencias. Para un cuerpo sano, comamos los deliciosos alimentos de la chagra.....	49
Capítulo 3. Investigando en Energía.....	55
Experiencias. Colaboración entre el IIGE y CIEMAT en la Producción de Bioetanol a partir de residuos lignocelulósicos.....	71
Capítulo 4. Investigando para la vida.....	75
Experiencias. La biodiversidad ecuatoriana: Una inspiración para muchas soñadoras.....	91
Capítulo 5. Investigando en Agricultura.....	95
Experiencias. Colaboración entre el INIAP (Ecuador) y el INIA (España) en la investigación de la enfermedad “muerte regresiva” en teca.....	109
Experiencias. Apoyo de la Unión Europea a la Educación Superior, Investigación, Desarrollo e Innovación.....	113
Capítulo 6. Investigando en Biodiversidad.....	117
Experiencias. Gestión sostenible de recursos naturales en la Reserva Biológica Colonso Chalupas y su entorno.....	135
Capítulo 7. Investigando en Tecnología.....	139
Experiencias. La contribución del programa Canje de deuda Ecuador – España al conocimiento y a la cooperación.....	149
Capítulo 8. Investigando para el futuro.....	155
Capítulo 9. Investigación aplicada.....	165



Prólogo del Embajador de España en Ecuador

España, un país de ciencia y cooperación

España es un país de Ciencia. Ha realizado importantes contribuciones a la investigación científica y al desarrollo tecnológico mediante figuras como Miguel Servet en el siglo XVI, Isaac Peral en el siglo XIX o Juan de la Cierva en el siglo XX. Severo Ochoa y Santiago Ramón y Cajal, ambos galardonados con el Premio Nobel de Medicina, son representantes de la contribución española al conocimiento médico del siglo XX. Científicos contemporáneos como Mariano Barbacid y Margarita Salas reflejan también la importante labor de nuestros investigadores en el seno de la comunidad científica española e internacional. Adicionalmente, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, el CSIC, la mayor institución pública dedicada a la investigación en España y la tercera de Europa, tiene como misión promover investigaciones en beneficio del progreso científico y tecnológico, junto a otras entidades españolas y extranjeras.

La Historia de la ciencia y la investigación española en Ecuador se remonta a muchos siglos. Los matemáticos, marinos y científicos españoles Jorge Juan y Antonio de Ulloa recorrieron las tierras de la entonces Real Audiencia de Quito con la Expedición Geodésica hispano-francesa enviada en 1736 por el Rey Felipe V de España. Los hispano-ecuatorianos Pedro Franco Dávila y Pedro Vicente Maldonado también hicieron importantes contribuciones a la ciencia desde tierras ecuatorianas. Los botánicos españoles Juan José Tafalla, autor de la “Flora Huayaquilensis”, y Celestino Mutis, investigaron y clasificaron la flora de este bello país y sus regiones aledañas. El marino y geógrafo Alejandro Malaspina visitó Guayaquil en 1790, haciendo novedosas observaciones científicas que quedarían recogidas en su obra “Viaje científico y político alrededor del mundo”.

En la América hermana y de lengua hispana, y en Ecuador particularmente, España ha sido durante las últimas décadas un actor fundamental para fortalecer la investigación. A través de intercambios científicos, pasantías, colaboraciones entre universidades e investigaciones conjuntas, nuestro país hermano y España hemos recorrido juntos nuevos caminos en búsqueda del conocimiento y el progreso.

Es por ello que, siguiendo esta larga tradición y actividad científica española, desde 2014 la Cooperación Española en Ecuador ha fijado la Investigación, el Desarrollo y la Innovación (I+D+i) como una prioridad en los sucesivos Marcos de Asociación País (MAP), el documento que plasma nuestra cooperación bilateral para el desarrollo. En el MAP 2019-2022, España y Ecuador acordaron continuar trabajando en el sector de la investigación a través de las universidades públicas y los institutos públicos de investigación ecuatorianos. Fruto de ello, actualmente se están gestionando más de 3.500.000 millones de dólares en 19 proyectos vinculados con la investigación y la educación superior en Ecuador.

Por otra parte, se está concluyendo la ejecución del Programa de Canje de Deuda España – Ecuador, que ha alcanzado los 54 millones de dólares, dedicados en gran parte al impulso de la educación superior y la provisión de laboratorios para universidades públicas e institutos de investigación públicos ecuatorianos. Bajo este Programa se ha financiado además la construcción y equipamiento de unidades educativas básicas, la capacitación de profesionales, la provisión de sistemas de agua potable y saneamiento y la reconstrucción y rehabilitación de 43 centros de salud dañados por el terremoto que afectó a Manabí y Esmeraldas en el 2016, entre otros proyectos.

Sin embargo, más allá de las cifras, el verdadero valor de la inclusión del factor I+D+i en la actividad de la Cooperación Española en Ecuador reside en la capacidad y conocimiento que aporta la comunidad científica española. Los intercambios realizados entre nuestras universidades y centros de investigación, los estudios e investigaciones comparadas y el impulso a investigaciones conjuntas han generado una continua y continuada cooperación científica que tiene un impacto directo en el desarrollo de Ecuador. Esta aportación ha sido reconocida por la comunidad científica internacional, obteniendo diversos premios y reconocimientos, además de la confianza de la Unión Europea que ha encomendado a la Cooperación Española la gestión de fondos delegados dirigidos a fortalecer el talento humano de Ecuador.

La innovación y el conocimiento científico son instrumentos fundamentales para erradicar la pobreza, combatir el hambre y mejorar la salud, así como para alcanzar un desarrollo sostenible, integrado, inclusivo y equitativo.

Los estudios sobre el crecimiento económico demuestran que las brechas existentes en la generación de ideas y conocimiento son tan o más importantes para el progreso de las economías que las carencias en infraestructuras o recursos naturales. A su vez, la sostenibilidad del crecimiento a largo plazo depende de actividades como la investigación, el desarrollo y la innovación, que a su vez son factores determinantes del desarrollo científico y tecnológico.

Por otra parte, la ciencia y la investigación son claves para avanzar en el cumplimiento de la Agenda 2030 de Naciones Unidas y sus Objetivos de Desarrollo Sostenible, particularmente el objetivo número 9 relativo a la construcción de infraestructuras sostenibles, la industrialización inclusiva y el fomento de la innovación.

En relación con todo lo anterior, Ecuador como país de renta media, afronta nuevos retos en su desarrollo, ante los cuales España pone a su disposición diversos instrumentos para seguir avanzando en la construcción de su sistema de investigación nacional, en alianza con organismos internacionales, instituciones públicas y con la participación de otros actores estratégicos. España continuará dedicando esfuerzos a buscar soluciones creativas y de vanguardia para alcanzar los objetivos anteriormente descritos, siendo la Investigación, el Desarrollo y la Innovación elementos fundamentales para poder alcanzarlos.

En esta publicación se recogen algunas experiencias de investigación impulsadas conjuntamente entre España y Ecuador a través de universidades, institutos públicos de investigación y organizaciones especializadas. Con su edición, la Cooperación Española busca hacer público y visible el impacto que la cooperación científica tiene en el desarrollo, motivando con ello a otros actores a aunar esfuerzos para enfrentarse a los nuevos desafíos globales como el cambio climático, la producción sostenible o la eliminación del hambre y la pobreza.

En este nuevo camino que hemos iniciado ambos países, lleno de retos, pero también de los numerosos éxitos y realizaciones que sin duda alcanzaremos juntos, Ecuador, su comunidad científica y sus ciudadanos podrán contar con España, como país socio y hermano que es.

Carlos Abella y de Arístegui
Embajador de España



Prólogo del Secretario de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación

Cooperación en I+D+i: conocimientos colaborativos, responsables y creativos

Desde 2014, los gobiernos de Ecuador y España han incluido entre sus líneas de cooperación y amistad a la Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i). La cooperación en el campo de la ciencia se traduce en términos de colaboración, expresado en este libro a través del intercambio de experiencias entre investigadores, innovadores y estudiantes de ambos lados del océano. Con esto, se reconoce que tras los resultados de investigaciones y proyectos aquí expuestos se despliega un conjunto de prácticas, agencias y saberes que se han enriquecido en el encuentro de perspectivas y experticias de los participantes de estos países. Esta circulación de conocimientos ha potenciado el talento humano y ha fomentado la creación de redes entre instituciones e investigadores, lo que se trasfiere y multiplica a través de los diferentes proyectos en los que se insertan los actores. Este enfoque de cooperación basado en las fortalezas y complementariedades de capacidades de ecuatorianos y españoles, ha sido liderado e impulsado coordinadamente entre la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) y la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación de Ecuador (SENESCYT).

Una arista fundamental de la cooperación en ciencia es su articulación con procesos de desarrollo. El fomento a las capacidades de los actores e instituciones que realizan investigación está orientado a la comprensión y explicación de procesos complejos que atraviesan aspectos múltiples de educación, medio ambiente, salud, tecnología, gobernabilidad, entre otros. Ciertamente, la investigación responsable reconoce el rol de la ciencia, tecnología e innovación frente a las necesidades y potencialidades socio-ambientales de los territorios, lo que a su vez favorece el diseño y ejecución de intervenciones pertinentes. En esto, la ciencia se presenta como protagonista en la construcción e impulso de un modelo de desarrollo sustentable basado en una economía de conocimientos, por la que se propicie una diversificación productiva que reconozca los límites medioambientales, y que promueva comunidades con capacidades resilientes ante disrupciones y perturbaciones de distinto tipo. Todo esto ha venido junto a una ciencia más reflexiva y comprometida que ha sabido responder a los desafíos de la agenda actual, incluyendo la complementariedad con saberes ancestrales y no-expertos, y el rol de la mujer en las maneras de generar conocimiento.



Así, a modo de democratizar estas experiencias, la presente edición busca llegar a un público amplio y facilitar un espacio para que los propios actores compartan los resultados de proyectos en I+D+i, aprendizajes colaborativos, y retos marcados para la cooperación en este campo. En este sentido, se precisa continuar el trabajo coordinado entre Ecuador y España para el impulso de la investigación científica articulada a procesos de desarrollo. En efecto, en un contexto de globalización y rápido desarrollo digital, el liderazgo de los países para promover redes e intercambios de buenas prácticas resulta estratégico para orientar las capacidades existentes hacia una ciencia comprometida con un mundo más equitativo, justo y sustentable. Esta publicación espera reflejar las fortalezas surgidas desde la ciencia a partir de una cooperación entre dos países hermanos, contribuyendo con respuestas creativas a los complejos desafíos de nuestros tiempos.

Agustín Albán Maldonado
Secretario de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación



CAPÍTULO 1

Investigación y Desarrollo, una estrategia de la Cooperación Española en Ecuador

Investigación y desarrollo, una estrategia de cooperación

Elena Palomar Torralbo
Responsable de Programas - AECID Ecuador
Cooperación Española en Ecuador

Desde 2014, la Investigación, Desarrollo e Innovación es un sector estratégico de la Cooperación Española en Ecuador, impulsando iniciativas de trabajo conjunto con Institutos Públicos de Investigación y Universidades, tanto ecuatorianas como españolas.



En septiembre de 2015, se celebró en Nueva York la reunión plenaria de alto nivel de la Asamblea General de las Naciones Unidas donde se aprobó la Agenda “*Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*”. La Agenda 2030 con 17 objetivos de desarrollo y 169 metas marca una verdadera hoja de ruta para los próximos años en la lucha contra la pobreza.

Esta nueva agenda del desarrollo establece un hito en los retos globales, fomentando la corresponsabilidad entre toda la comunidad internacional. Entre las prioridades marcadas se reconoce y prioriza la innovación y el conocimiento, como instrumentos fundamentales para alcanzar un desarrollo sostenible, inclusivo y equitativo (ODS 9).

A pesar de ello, si observamos el Índice Mundial de Innovación 2018 que proporciona resultados de innovación de 126 países por medio de 80 indicadores, observamos que ningún país latinoamericano aparece entre los líderes mundiales de innovación, y del ranking de 126 países sitúa a Chile en el puesto 47, a Costa Rica en el 54 y México en el 56. El Índice Mundial 2018 se centra en analizar la innovación energética en los ámbitos como el de la producción, el almacenamiento, la distribución y el consumo de energía y también examina la forma en que se producen los avances.

En informes de años anteriores (2016) ya se señalaba la necesidad de intensificar los compromisos con la innovación en la región latinoamericana y una mayor cooperación regional en Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i), considerando que la posición de la región en el contexto mundial de la innovación es inferior a lo que le correspondería en función de su peso económico y político.

La Cooperación Española en el sector del conocimiento, la ciencia y la innovación

Desde sus inicios, la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) ha priorizado el fortalecimiento del talento humano como uno de los ejes principales en la lucha contra la pobreza. El Programa de Becas MAEC (Ministerio de Asuntos Exteriores y Cooperación de España), uno de los programas más longevos de la Agencia, con más de 73 convocatorias de manera interrumpida, es un fiel reflejo de esto. No obstante, no es hasta el segundo Plan Director (2009-2012) cuando se pone un especial énfasis en la implementación de una política de cooperación científica para contribuir al fortalecimiento de los sistemas científicos de nuestros países socios.

Durante este periodo, se dio un fuerte impulso y protagonismo a las universidades y a los organismos públicos de investigación, como agentes imprescindibles en el proceso de generación de conocimiento y transferencia de tecnología.

En el ámbito de la investigación e innovación, el principal objetivo de la Cooperación Española definido para este periodo fue “favorecer los procesos de generación, apropiación y utilización del conocimiento científico y tecnológico para mejorar las condiciones de vida; así como los conocimientos científicos y tecnológicos, el crecimiento económico y la equidad social”.

Para ello, se propusieron seis líneas estratégicas:

- Capacidades institucionales: Cooperación para el apoyo a los sistemas nacionales de I+D+i.
- Formación del capital humano: Formación de profesionales de investigación que suponga además de



Figura 1: Líneas estratégicas.

la creación de capacidades humanas de investigación, el fortalecimiento institucional en los países socios. Fomento de la movilidad en el desarrollo de proyectos conjuntos de investigación, de capacitación y de valorización y transferencia de tecnología.

- Apoyo a la investigación y desarrollo tecnológico: investigación y generación de conocimiento y de tecnología sobre problemas críticos del desarrollo. Valorización y protección de saberes.
- Creación de infraestructuras tecnológicas: proyectos enmarcados en estrategias de desarrollo nacionales.
- Acceso, transferencia y difusión de conocimientos.
- Innovación empresarial.

La operativización de estas líneas de trabajo se llevó a cabo en el ámbito de la cooperación universitaria y científica con las siguientes intervenciones:

- Apoyo y fortalecimiento de las estructuras de educación superior y de investigación del país socio, y fortalecimiento de competencias personales e institucionales por medio del programa de becas MAEC/AECID y del Programa de Cooperación Interuniversitaria (PCI).
- Acciones destinadas a impulsar proyectos y grupos de investigación para abordar asuntos claves para el desarrollo. Para esto, se ha contado con varias convocatorias a proyectos de la Convocatoria Abierta y Permanente con la línea de Investigación “Programa de investigación y estudios sobre el Desarrollo, así como las Becas MAEC- AECID para españoles”, destinadas a realizar investigaciones relacionadas con los intereses de los países socios.
- Acciones destinadas a la formación de capital humano, como el Programa Iberoamericano de Formación

Técnica Especializada (PIFTE), orientado al desarrollo de acciones de formación continua de personal funcionario o personal adscrito a las administraciones públicas del ámbito latinoamericano.

Datos importantes del Programa de Cooperación Interuniversitaria (PCI)

El Programa ha tenido como objetivo contribuir al fortalecimiento de los centros académicos y de investigación de los países socios, y promover la generación y aplicación de conocimientos científicos y tecnológicos en temas críticos para el desarrollo.

Mediante una convocatoria pública, se han desarrollado proyectos encaminados a impulsar y fomentar vínculos estables de investigación y docencia entre grupos de universidades y/o organismos científicos de España y equipos contrapartes en instituciones académicas y/o de investigación de los países socios. El Programa se ejecutaba mediante cinco modalidades que iban desde la realización de proyectos conjuntos de formación y de investigación hasta acciones destinadas a la preparación de proyectos o acciones complementarias.

Esta iniciativa finalizó en 2011 y supuso un fuerte impulso a la creación de redes de personal investigador entre España y América Latina, que se mantiene hoy en día. El Programa inició de manera modesta en 2003, ya que se destinaron 3 millones de euros en su convocatoria y dado el interés que despertó, fue aumentando la dotación económica de manera significativa en cada convocatoria, llegando a destinarse 23 millones de euros en la convocatoria del año 2010.

La región latinoamericana ha sido la más beneficiada por el número de proyectos financiados. Esta convocatoria también

iba dirigida a la región del Mediterráneo y, desde 2009, a África subsahariana, coincidiendo con la incorporación de los países de la región como prioritarios de la cooperación española. En cuanto a las áreas de conocimiento en las que se ubican los proyectos desarrollados en las tres regiones, una amplia mayoría corresponde a Ciencias Experimentales y Ciencias Sociales.

año 2007 al 2011, se aprobaron para Ecuador un total de 146 intervenciones, por un valor aproximado de 5 millones de euros. A lo largo de este periodo, participaron 24 universidades españolas y 42 ecuatorianas. En la Tabla 1, se detalla el financiamiento y el número de intervenciones en los últimos años del programa.

El PCI en Ecuador gozó de una gran participación por parte de sus universidades, así como de las españolas. De hecho, este país fue uno de los que más se benefició, aprobándose una media de 25 a 30 proyectos por convocatoria, aproximadamente.

A continuación, se expone la distribución del financiamiento, considerando la modalidad del programa en la Tabla 2:

Basándonos en el Informe “La Cooperación Universitaria e Investigación Científica entre Ecuador y España”, desde el

A modo de resumen, se incluye la Tabla 3 con los resultados de una categorización realizada por la Cooperación Española en Ecuador para analizar los proyectos financiados en el marco del PCI:

PCI Ecuador 2007- 2011		
PCI Ecuador	Importe	Número de intervenciones anuales
2007	626.070,00 €	24
2008	998.485,00 €	31
2009	931.269,50 €	27
2010	1.031.882,15 €	33
2011	1.400.728,66 €	31
TOTAL	4.988.435,31 €	146

Tabla 1: Financiación y número de intervenciones del PCI en Ecuador.

Ranking financiación	Modalidades PCI	% Financiación	Número de proyectos	Importe total euros
1	Acciones Integradas para el fortalecimiento institucional	51%	35	2.56.787,22
2	Proyectos conjuntos de investigación	28%	49	1.391.240,00
3	Acciones preparatorias	13%	37	636.808,09
4	Proyectos conjuntos de docencia	7%	18	352.600,00
5	Acciones complementarias	1%	6	45.000,00
TOTAL FINANCIACIÓN				4.988.435,31

Tabla 2: Distribución de la financiación.

Categorización AECID	% de financiación de cada categoría	Total	
		Importe	Número intervenciones
Transferencia Tecnológica	30%	1.517.119,55 €	28
Fortalecimiento de capacidades de investigación	28%	1.406.958,82 €	20
Investigación Conjunta	21%	1.069.135,00 €	45
Fortalecimiento de capacidades en educación superior	13%	652.028,24 €	38
Sistemas de calidad	3%	172.250,00 €	8
Innovación	3%	170.943,70 €	7
Totales		4.988.435,31 €	146

Tabla 3: Categorización de los proyectos financiados dentro del PCI.

Programa de Becas del Ministerio de Asuntos Exteriores y Cooperación (MAEC-AECID)

Dicho Programa que se desarrollaba mediante una convocatoria anual ha sido uno de los más exitosos de la Cooperación Española, con un gran predominio de becarios/as procedentes de América latina, y ha beneficiado entre 1400 y 1800 personas por convocatoria.

Ha sido financiado en concepto de subvención por el coste que implicaba la formación en universidades, centros y organismos de investigación españoles y extranjeros, de estudiantes y personas tituladas universitarias, ya que la finalidad fue facilitar la formación superior de recursos humanos y el fortalecimiento de las insituciones académicas y de investigación de los países socios.

Las becas MAEC AECID tuvieron un gran impacto en Ecuador y, anualmente, se recibían una gran cantidad de solicitudes para cursar, en su mayoría, doctorados y maestrías en España. A modo de ejemplo, en el periodo de 2006 al 2011, se financiaron aproximadamente 34 doctorados complementos, 42 maestrías y más de 26 estancias de investigación.

Programa de Cooperación Iberoamericano de Formación Técnica Especializada (PIFTE)

Este Programa nació en 1987, con el fin de cubrir necesidades en materia de cooperación técnica de los recursos humanos de las administraciones públicas de la región. Su principal objetivo fue contribuir al fortalecimiento de las instituciones públicas de América Latina. Para el PIFTE, el capital humano profesional y cualificado es la base esencial del desarrollo social, político y

económico, que ha de servir para ofrecer mejores prestaciones de servicios públicos a los ciudadanos y ciudadanas, favorecer la inclusión y la representación en las instituciones de grupos excluidos.

Se ha dirigido a profesionales latinoamericanos con responsabilidad en el diseño y gestión de diferentes políticas sectoriales, ejecutándose bajo diferentes formatos como: cursos cortos, talleres de trabajo y seminarios, y para hacer viable la participación en los cursos se establecieron diferentes modalidades de becas como: completa, parcial o básica.

Para su ejecución, la Cooperación Española dispone de cuatro centros de formación que se encuentran ubicados en Santa Cruz de la Sierra, (Bolivia); Cartagena de Indias (Colombia); Antigüal (Guatemala) y Montevideo (Uruguay).

De la misma manera que ha ocurrido con otros países de la región, dicho Programa tiene un alto porcentaje de participación y, anualmente, se programan una media de 125 cursos por sede de formación. La sede que más cursos imparte y en la que más ciudadanos de Ecuador han asistido es el Centro de Formación de Cartagena de Indias.

En los últimos años, el programa PIFTE se ha transformado al programa Plan de Transferencia, Intercambio y Gestión de Conocimiento, INTERCOONECTA, que busca responder a las necesidades de una América Latina y El Caribe con profundas transformaciones, a la renovación de la Cooperación Española en sus estrategias en la región y a los principios de un Plan Director que incide en el cambio de paradigma que supone transitar de modelos de formación tradicionales a primar en entornos de aprendizaje, donde la gestión de conocimiento es imprescindible para fortalecer las capacidades institucionales de los países socios.

Conclusiones relevantes

- Sin duda, el PCI fue un Programa que despertó un gran interés para las universidades de toda América Latina y los centros de investigación y universidades de España, como lo demuestra la alta demanda y participación de las instituciones. Gracias al Programa, existe un histórico trabajo entre España y Ecuador, pues se institucionalizó redes de trabajo e investigación en ambos países.
- La colaboración entre instituciones para el desarrollo de proyectos conjuntos de investigación y de formación también tuvo una excelente acogida y apuntó de manera acertada a establecer los vínculos del personal investigador a personal investigador y de docente a docente, siendo esta una gran fortaleza.
- Por lo general, un programa de cooperación científica debe estar liderado desde las instituciones rectoras de los países socios, articuladas con las políticas nacionales para apoyar la transformación y el fortalecimiento de las instituciones; sin embargo, no siempre es fácil conseguir este objetivo mediante convocatorias externas al país, ya que las prioridades no tienen porque coincidir o ajustarse con las necesidades del país socio.
- Con relación a las becas de maestrías y doctorados, es necesario orientar la temática a las necesidades del país y su transformación y cambio de la matriz productiva, así como apoyar la generación de capacidades nacionales para una mayor eficiencia y amplia participación, ya que el sistema de becas de carácter internacional, no es sostenible en el tiempo.

La I+D+i y la Cooperación Española en la actualidad

En los últimos años, el apoyo de la Cooperación Española en la Ciencia y Talento Humano ha estado en la agenda nacional de desarrollo del Ecuador como meta estratégica tanto a corto como a largo plazo, por su contribución al cambio de la matriz productiva. Este impulso sectorial se inició en el 2008 y quedó reflejado en la Constitución de la República de Ecuador.

Además, el Plan Nacional del Buen Vivir 2009 - 2013 planteó una programación estratégica orientada al cambio de la productividad, siendo uno de los elementos estructurales la transformación de la educación superior y la transferencia de conocimiento a través de la ciencia, la tecnología y la innovación.

El actual marco de planificación ecuatoriano, centrado en el Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 “Toda una Vida”, define los principales objetivos estratégicos a alcanzar en los próximos años, recogiendo su contribución al desarrollo del país a largo plazo, y mantiene una perspectiva estratégica de la cooperación internacional al desarrollo.

El Objetivo 5 del Plan se propone “Impulsar la productividad y competitividad para el crecimiento económico sustentable de manera redistributiva y solidaria” y en la Política 5.3: “Promover la investigación, la formación, la capacitación, el desarrollo y la transferencia tecnológica, la innovación y el emprendimiento, en articulación con las necesidades sociales, para impulsar el cambio de la matriz productiva”.

Como contribución a las metas nacionales ya descritas, en el Marco de Asociación País Ecuador - España 2014 - 2018, la Cooperación Española en Ecuador acuerda el apoyo al sistema de I+D+i ecuatoriano a través del refuerzo de las capacidades de las universidades emblemáticas, de los institutos públicos

de investigación y de las estructuras de gestión del sector con la definición del Programa “Fortalecimiento del Sistema de Investigación, Desarrollo e Innovación”. Este apoyo estratégico al sector se renova en el marco de Asociación País 2019 – 2022.

Cabe destacar la vinculación y participación de la Secretaría de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación del Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO). Esta es responsable de las políticas de investigación científica y técnica, desarrollo e innovación en España, por lo que su articulación al Programa tiene un carácter estratégico tanto en la identificación y formulación, como en la ejecución.

Programa de Fortalecimiento del Sistema de Investigación, Desarrollo e Innovación

Partiendo de los antecedentes ya descritos, de las conclusiones extraídas de los programas desarrollados en el pasado por la AECID en materia de cooperación científica y de algunas de las lecciones aprendidas; desde la Cooperación Española en Ecuador, en el 2014, se puso en marcha un Programa centrado en apoyar la consecución de cuatro resultados de desarrollo articulados en torno a tres líneas de acción. Los temas clave sobre los que se articuló el Programa son: a) investigación, b) internacionalización, c) oferta académica y d) igualdad.

Entre las bases fundamentales está el desarrollo de intervenciones centradas en las prioridades de investigación y de formación de Ecuador, y el fortalecimiento de las capacidades nacionales con la realización tanto de investigación básica como aplicada.

Para su ejecución, también se considera estratégico el apoyo a la internacionalización y la asistencia técnica por parte de otras instituciones, por lo que se promueve la participación en actividades de formación y capacitación continua de corta

duración asociadas a programas específicos del sistema de I+D+i ecuatoriano, y se facilita el intercambio entre instituciones ecuatorianas y españolas.

Con la **Línea de Acción 1** “Fortalecimiento de las Universidades emblemáticas”, se ha dado apoyo a la Universidad Regional Amazónica IKIAM para incrementar sus capacidades de generar conocimiento, investigación e información, que permita desarrollar alternativas tecnológicas para llegar a un uso racional y responsable de los recursos naturales de la región amazónica.

Con la **Línea de Acción 2** “Acciones de fortalecimiento con los Institutos Públicos de Investigación (IPIS)” se ha fortalecido las capacidades de investigación con la financiación de proyectos de investigación básica y aplicada, impulsando la participación en actividades de formación y capacitación continua de corta duración.

Por último, con la **Línea de Acción 3** “Fortalecimiento del sistema de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación” se promovió acciones destinadas a fortalecer universidades ecuatorianas en la puesta en marcha de posgrados, maestrías de investigación y doctorados.

En las tres líneas de acción se busca promover el intercambio y movilidad del personal investigador, científico y demás personas de la comunidad académica dedicada a la generación, desarrollo y transferencia de ciencia, tecnología e innovación (incluyendo estancias académicas o de investigación en España por periodos cortos). También se potencia la creación y mejora de las redes de investigación.

Dada la necesidad de visibilizar y reconocer el trabajo de las mujeres en la ciencia, desde el Programa se impulsa este componente dentro de las tres líneas de trabajo; sin embargo, por el carácter de los proyectos se incidió especialmente en dos líneas:

- Enfoque de género en los programas de becas de los programas de posgrado, facilitando el acceso de las mujeres a las maestrías planteadas.
- Investigación y divulgación científica con rostro de mujeres. La finalidad es visibilizar y reconocer a las investigadoras en los procesos investigativos puestos en marcha con las campañas de divulgación, así como en las notas de prensa informativas.

Línea I: Fortalecimiento de la Universidad Regional Amazónica IKIAM

La Ley Orgánica de Educación Superior (LOES), en el año 2010, estableció la creación de la Universidad Regional Amazónica IKIAM, que significa “selva” en shuar, como una de las cuatro Universidades de excelencia del país, que apoyarían el desarrollo del talento humano en Ecuador, en el cantón Tena, en la provincia de Napo. El 13 de noviembre de 2013 se aprobó su creación.

Su énfasis fue generar conocimiento, investigación e información que permita desarrollar alternativas tecnológicas para alcanzar un uso racional y responsable de los recursos naturales de la región, potenciando el talento humano del país y la conservación de la naturaleza. Con ello, se configura como una Universidad referente internacional de la conservación ambiental y del uso racional e inteligente de los recursos naturales.

La Universidad promueve la generación de conocimiento, tecnología y el uso sostenible de recursos naturales. IKIAM centra su investigación en la región amazónica, considerando así a la Amazonía como un “laboratorio vivo”.

En el marco del Programa de Cooperación Española, en 2015, se inició el proyecto **“Fortalecimiento de capacidades para la generación de conocimiento, investigación, docencia**

y transferencia, en el marco del plan estratégico de la Universidad Regional Amazónica IKIAM”.

Su objetivo general es contribuir al fortalecimiento de la educación superior y de la investigación en Ecuador, mientras que su objetivo específico es fortalecer las capacidades para generar conocimiento, investigación, docencia y transferencia en el marco del plan estratégico de la Universidad.

En esta publicación se muestran diferentes artículos y experiencias, donde se exponen los resultados de algunas de las investigaciones financiadas a los docentes de la Universidad en el marco del proyecto. Concretamente, se refiere a los capítulos 2 y 4.

También se ha desarrollado el proyecto **“Diseño y aplicación de un modelo de gestión participativa que promueva la investigación, educación, conservación y uso sostenible de la Reserva Biológica Colonso Chalupas y su entorno, aplicando el concepto de reserva de la biosfera”**, gestionado por la Oficina de UNESCO Ecuador y coordinado con la Universidad Regional amazónica IKIAM.

El objetivo general ha sido incrementar las capacidades de investigación del sistema de I+D+i, mientras que su objetivo específico es desarrollar un modelo de gestión participativa que promueva la investigación, educación, conservación y uso sostenible en la Reserva Biológica Colonso Chalupas (RBCC) y su entorno, aplicando el concepto de reserva de biosfera.

Este proyecto ha contado con el valor añadido de la UNESCO Quito, entidad que cuenta con amplia experiencia en la aplicación de los lineamientos del Programa Hombre y Biosfera, y la colaboración en la generación y gestión de las reservas de biosfera del país.

La Universidad tiene acceso a la RBCC, el área protegida de más reciente creación por parte del Estado ecuatoriano. Se extiende sobre 93.246 hectáreas y cubre un rango altitudinal

que va desde los bosques húmedos tropicales amazónicos a 477 metros de altitud hasta los páramos altoandinos a 4.480 metros en el lado oriental de la cordillera de Los Andes.

Se busca garantizar la protección de la biodiversidad de la RBCC, ubicada en uno de los sitios de mayor riqueza natural del planeta. La RBCC brinda una serie de recursos para investigación que son clave en el modelo de gestión de ciencia y tecnología, así como de conservación de los recursos naturales que propone IKIAM. La RBCC es un laboratorio natural para los procesos de enseñanza-aprendizaje, así como para los proyectos de investigación y desarrollo de tecnologías, de adaptación al cambio climático y de protección del ambiente.

De esta manera, IKIAM busca establecer una dinámica de gestión del área en donde la investigación científica sobre la biodiversidad, los ecosistemas, los sistemas acuáticos, el suelo y el subsuelo, y los asentamientos humanos sean importantes en el proceso formativo de estudiantes, pero también para retroalimentar la gestión de la RBCC y su entorno. La investigación que IKIAM promueve en la RBCC y su entorno se articulará con otros esfuerzos científicos en diferentes zonas del Ecuador para promover intercambios de experiencias y redes de colaboración.

Cabe recalcar que el capítulo 6 está dedicado a la investigación en biodiversidad en la Reserva Biológica Colonso Chalupas y el papel de la Unesco en las reservas de la biosfera.

Línea 2: Acciones de fortalecimiento en los Institutos Públicos de Investigación (IPIS)

Tal y como se recoge en el Plan Nacional de Ciencia, Tecnología, Innovación y Saberes Ancestrales, en el pasado, los IPIS han tenido una vocación técnica operativa, por lo que requieren de una transformación de sus laboratorios, incorporación de TICs, y además un fortalecimiento en recursos humanos,

infraestructura y equipamiento, para poder desempeñar procesos de investigación científica y desarrollo tecnológico.

Por lo tanto, ha sido prioridad para la Cooperación Española apoyar la puesta en marcha y financiación de proyectos de investigación, acorde a los lineamientos y prioridades establecidas por los IPIS ecuatorianos y donde también se promueven estancias de investigación y actividades de intercambio con instituciones homólogas de España, como parte del resultado de desarrollo relativo a la internacionalización del sistema de I+D+i.

La actuación de la cooperación española por razones de concentración e impacto y considerando las prioridades sectoriales, centrará su apoyo en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y en el Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE).

Para garantizar la internacionalización, el desarrollo de estancias de investigación, el intercambio entre personal investigador y, en definitiva, el fortalecimiento de los institutos de investigación se contará con la participación de los Organismos Públicos de Investigación (OPI) que son las instituciones homólogas de investigación, que, conjuntamente con las universidades, forman el esquema básico del sistema público de investigación científica de España y está adscrito al Ministerio de Economía y Competitividad.

En el capítulo 5 de esta publicación se muestra una de las investigaciones financiadas al INIAP, con fondos de la Unión Europea “*Desarrollo de germoplasma de papa con resistencia al tizón tardío, nematodo del quiste y con calidad para consumo en fresco y procesado para mejorar la productividad del rubro utilizando herramientas biotecnológicas*” y una Experiencia del INIA, y su colaboración en el Proyecto “*Etiología de la principal enfermedad de la Teca en Ecuador y el rol de los insectos en su dispersión*”.

Por otro lado, en el capítulo 3 se muestran los resultados del Proyecto “*Estudio de Alternativas para Aprovechamiento Energético de Biomasa Residual del Proyecto ‘Piñón para Galápagos’*” del IIGE, y la Experiencia del CIEMAT, como institución colaboradora.

Este proyecto fue galardonado en 2017 en la segunda edición de los Premios Iberdrola a la Cooperación Energética Internacional, categoría Sector Público, organizado por Iberdrola y el Club de Excelencia en Sostenibilidad con la colaboración del Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación de España. Estos reconocimientos se otorgaron a las iniciativas más destacadas en cooperación energética internacional ejecutadas por empresas, administraciones públicas, y organizaciones sin ánimo de lucro y no gubernamentales que demostraron un compromiso activo en la universalización energética, que corresponde al Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 7: Asegurar el acceso a energías asequibles, fiables, sostenibles y modernas para todas las personas.

Línea 3: Apoyo a la puesta en marcha de posgrados de investigación, maestrías de investigación y doctorados en las universidades públicas

Con esta línea de trabajo, se apunta a la ampliación de la oferta académica en educación superior y a la generación de capacidades en universidades públicas del Ecuador. Para ello, la Cooperación Española en colaboración con SENESCYT han trabajado para impulsar la identificación, formulación y ejecución de maestrías de investigación, así como el apoyo a la generación de doctorados y doctoradas.

A lo largo de este periodo, se han puesto en marcha tres maestrías en el sector agroalimentario, gestión de recursos hídricos y agroecología. De manera genérica, los programas de posgrado han contando con apoyo en los siguientes componentes:

- Acceso: apoyar becas de matrícula y manutención con enfoque de género.
- Movilidad: facilitar la movilidad de estudiantes y docentes entre las universidades participantes en las diferentes sedes propuestas.
- Internacionalización: participación de docentes de universidades latinas y españolas, con enfoque de género.
- Apoyo a los procesos de investigación: estancias cortas de investigación, talleres de formación (metodología de investigación, cosmovisión indígena, etc.) y apoyo al desarrollo y elaboración de tesis.

En esta publicación, el capítulo 8 refleja el trabajo en las maestrías de investigación, por parte de la Universidad Central, una de las universidades beneficiadas con el programa. Asimismo, y en el marco del proyecto **Apoyo a la generación y consolidación de posgrados, maestrías de investigación y doctorados en el área de ciencias de la vida**, por primera vez, se consiguió una titulación conjunta de posgrado en Agroecología por parte de cuatro universidades del país.

Por otra parte, y de la misma manera que ocurre en las otras líneas que apoya la Cooperación Española, se promovió la internacionalización, con la participación y financiación de docentes procedentes de otras universidades, latinas y españolas.

Adicionalmente, esta publicación también recoge una de las experiencias apoyadas en el marco del Programa de Canje Ecuador- España, que está activo desde el año 2005 y que ha puesto en marcha importantes proyectos de fortalecimiento de la educación y también de equipamiento científico, como se muestra en el capítulo 7 de este libro.

Por último, y más relacionado con el componente de investigación e innovación, en el capítulo 9 se muestra uno de los proyectos que tiene un claro enfoque investigativo,



financiado en el marco de la Convocatoria de Innovación de la AECID a Ingeniería sin Fronteras, una de las organizaciones no gubernamentales españolas presentes en el país.

La Agenda 2030 exige que las acciones para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible sean coordinadas, conjuntas y articuladas entre diferentes sectores. La innovación y el conocimiento son clave en dicha Agenda para alcanzar un desarrollo sostenible y así posicionar a la región latinoamericana en el contexto internacional que le corresponde, considerando su gran peso económico y político.

La Cooperación Española en Ecuador contribuye a este salto cualitativo, con el apoyo a los procesos de innovación e investigación como una estrategia más de cooperación. Esta publicación pretende dar a conocer el trabajo desarrollado en los últimos seis años con las principales instituciones ecuatorianas rectoras del sector, para impulsar estos procesos.

Referencias Bibliográficas:

- Diagnóstico sectorial de Ciencia, Tecnología y Talento Humano. AECID Ecuador. 2014.
- Global Innovation Index 2016. Winning with Global Innovation. Autor (es): Cornell University, INSEAD. 2016
- Global Innovation Index 2018. Energizing the World with Innovation. Autor(es): Cornell University, INSEAD, WIPO. 2018
- La Cooperación Universitaria e Investigación Científica entre Ecuador y España 2006- 2011. Palomar Torralbo, E y López Torrejón, E. Ecuador 2014
- Plan Director de la Cooperación Española 2005-2008. SECIPI. 2005
- Plan Director de la Cooperación Española 2009- 2012. SECIPI. 2009
- Plan Director de la Cooperación Española 2013-20216. SECIPI.
- Plan Nacional del Buen Vivir 2009-2013.
- Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 "Toda una Vida".
- Marco de Asociación País Ecuador España 2013- 2018.
- Marco de Asociación País Ecuador España 2019-2022.



CAPÍTULO 2

Investigando con la Comunidad

Comunidad, Comida y Salud kichwa

María Gabriela Zurita-Benavides
Universidad Regional Amazónica Ikiam

Patricia Mogrovejo MD., MSc., PhD
Savinmed
Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Tecnológica Equinoccial

Adriana Pauker A.
Ministerio de Salud Pública del Ecuador

La vinculación con la comunidad es una apuesta del sistema de investigación ecuatoriano. La Cooperación Española ha apoyado diversas iniciativas para fortalecer este trabajo conjunto que impulsa el desarrollo de las poblaciones más vulnerables en la Amazonía ecuatoriana.

Agrobiodiversidad en el piedemonte amazónico

La región amazónica es conocida por su exuberante vegetación que alberga una rica biodiversidad. A más de los aspectos naturales, sus habitantes modifican constantemente su entorno; en la zona peri-urbana del Tena, se registró una elevada agrobiodiversidad en los espacios cultivados denominados chagras, ya que existen 108 especies cultivadas, de las cuales, 74 son alimenticias (Peñuela Mora et al., 2016). Además, esta región biodiversa contiene paisajes multifuncionales que combinan producción alimentaria, conservación de la biodiversidad y mantenimiento de los servicios ecosistémicos (Nabhan, 2014).

La Amazonía es el centro de domesticación de 83 cultivos importantes, como la yuca (Manihot esculenta), la piña (Ananas comosus), la chonta (Bactris gasipaes), el ají o chiles (Capsicum spp.), la guaba (Inga edulis), la nuez del Brasil (Bertholletia excelsa), las especies de cacao (Theobroma cacao, T. grandiflorum) (Clement, de Cristo-Araújo, d'Eeckenbrugge, Alves Pereira, & Picanço-Rodrigues, 2010) y otros. De estos, existen estudios detallados de su composición nutricional; no obstante, del resto de la agrobiodiversidad presente en las chagras, escasa información de los valores nutricionales ha sido publicada (Freire et al., 2013; Montagnac, Davis, & Tanumihardjo, 2009).

Transiciones alimentarias de los pueblos amazónicos

La alimentación de los pueblos amazónicos se basa, por una parte, en la producción local de alimentos, principalmente, carbohidratos (tubérculos, plátano) y proteína animal, complementada con frutas de estación, particularmente, palmas (oleaginosos y almidón), pero se consumen pocos

alimentos verdes (verduras, hierbas) (Katz et al., 2012; Robert & Katz, 2010). La variabilidad estacional influencia, en gran medida, la alimentación y las actividades de los habitantes forestales (Dufour, Piperata, Murrieta, Wilson, & Williams, 2016). En la época de cosecha o de abundancia que, en el piedemonte ecuatoriano, es entre los meses de enero y abril, están disponibles varios frutos y carbohidratos; el resto del año también hay producción de alimentos básicos como yuca, plátano y otros alimentos complementarios, como frutos o especies arvenses.

La yuca es un alimento que está disponible a lo largo del año; es el alimento base por excelencia en toda esta cuenca, que por su composición de cianuro se diferencia entre la yuca brava y la yuca dulce (Chirif, 2014; Uzendoski, 2004; Wilson & Dufour, 2002). La primera es objeto de numerosos procesos de transformación y sus principales formas de consumo son el pan de yuca y la harina de yuca (Chirif, 2014; Hussak Van Velthem, 2007; Wilson & Dufour, 2002). Sin embargo, en el Ecuador prevalece la yuca dulce que es preparada en bebida fermentada, denominada chicha de yuca. Mientras que, la segunda preparación más común es simplemente cocinada al agua, para consumirla como guarnición (Uzendoski, 2004). En el proceso de cocción en agua, para cualquiera de las preparaciones mencionadas, los nutrientes de la yuca se reducen, como vitamina C, ácido fítico o fitato y la densidad energética; pérdida que podría ser mermada con la cocción al horno (Dufour, Piperata, Murrieta, Wilson, & Williams, 2016); por lo que, a pesar de su consumo, este es un alimento que nutricionalmente aporta poco a los kichwa.

A pesar de perder cualidades nutricionales, el proceso de preparación de la chicha de yuca es considerado un rasgo de femineidad y orgullo de los hogares kichwa, puesto que la familia que sirve grandes cantidades de chicha a sus invitados, gana prestigio tanto dentro como fuera de sus comunidades (Mezzenzana, 2014; Uzendoski, 2004). En la actualidad, el espacio central de la chicha de yuca en la cultura kichwa es latente, a diferencia de las otras formas de alimentarse que se



Foto 1: Diversidad de alimentos de la chagra.
Fuente: Alexandra Pech.



Foto 2: Carmen Ajón prepara la chicha para su familia.
Fuente: Alexandra Pech.

están transformando por la llegada alimentos manufacturados (Zurita Benavides, Schwarz, Peñuela Mora, & Monteros Altamirano, *press*).

En efecto, el modelo alimentario de las poblaciones rurales latinoamericanas cambia por la sobrevalorización de los productos manufacturados, como arroz, atún, sardina, fideos, que se caracterizan por su bajo valor nutricional y monetario (D'Ambrosio & Puri, 2016; Jacoby, 2014; Suremain & Katz, 2009). Además, en la Amazonía ecuatoriana se constata la pérdida de especies y variedades cultivadas, así como la disminución del consumo de productos "tradicionales" de la chagra (Moya, 2010). Los kichwa siguen consumiendo los alimentos de su chagra, pero, progresivamente, los alimentos manufacturados ganan mayor espacio en la alimentación diaria. Se calcula que la mitad de los ingredientes de una preparación kichwa proviene de las chagras, 10% son productos de la zona (animales de corral, insectos, productos forestales no maderables) y 40% son de alimentos manufacturados y algunos vegetales, como cebolla o tomate son adquiridos (Zurita-Benavides, Mogrovejo J., & Pauker, *press*). Este es un fenómeno observado entre otras poblaciones indígenas donde los productos locales se consumen en menores cantidades y/o algunos son sustituidos por sus versiones manufacturadas (D'Ambrosio & Puri, 2016).

Es necesario considerar que existe una relación negativa entre la distancia hacia los centros urbanos y la diversificación alimentaria; las poblaciones aisladas o lejanas a los mercados consumen productos silvestres y cultivados diversos, mientras que aquellas cercanas a los mercados, sus dietas son monótonas. Estos últimos tienen acceso mínimo a proteínas animales silvestres, ya que su consumo de productos manufacturados es elevado y entre los jóvenes es poco valorizado cocinar los productos locales (Gray, Bozigar, & Bilsborrow, 2015; Moya, 2010). Esto implica que se descontextualice los alimentos a sus fuentes u orígenes, lo que incide en una pérdida del conocimiento local de la población (D'Ambrosio & Puri, 2016).

Tena, capital provincial, es una ciudad intercultural, con residentes kichwa y de otras nacionalidades, como indígenas, mestizos y extranjeros. Es una ciudad con acceso constante a mercados y a productos manufacturados. De manera concomitante, en las veredas de la urbe se observa a mujeres kichwa que comercializan sus productos de las chagras. Ellas provienen de varias comunidades ubicadas en la zona periurbana y rural de la región, y venden sus productos para generar un recurso económico, pero no siempre garantizando la seguridad alimentaria de sus hogares (*testimonio en esta publicación de Ajón et al.*). A pesar de encontrar estos alimentos en las veredas, en los restaurantes de esta ciudad se consumen pocos productos de las chagras kichwa. La desvalorización de los alimentos indígenas es un fenómeno generalizado en Latinoamérica (Bertran Vilà, 2010; Katz, 2009), así como en el Tena y en el Ecuador, ya que las sociedades rechazan u ocultan los aspectos indígenas de sus dietas. Esto incide en que los indígenas jóvenes desprecien igualmente los alimentos cultivados de sus chagras y prefieran consumir los manufacturados o blancos.

Salud y comida, una dupla efectiva

En América Latina, la desnutrición infantil está relacionada a dietas monótonas, con baja variedad de alimentos e intenso consumo de productos manufacturados (Jacoby, 2014). Las características de estas dietas son similares a los resultados de los registros de alimentación familiar de las comunidades kichwa estudiadas, en las cuales prevalece el arroz, el atún, la sardina en lata y el azúcar, entre otros. La Amazonía concentra los mayores índices de desnutrición del Ecuador, a pesar de ser una zona rica en flora y fauna. En este país, alrededor del 25.7 % de la población menor de 5 años padecen de anemia por deficiencia de hierro, con una alta prevalencia de dicha enfermedad en niños de 6 a 11 meses (62%) (Freire et al., 2013).

En el 2017, se estimó que en el período 1950 - 2014 hubo alrededor de 340.000 muertes en el Ecuador, como consecuencia de la desnutrición (FAO, OPS, WFP, & UNICEF, 2018) y los niños indígenas de la Amazonía (y la Sierra) son el grupo más vulnerable, diagnosticado con desnutrición crónica (Gutiérrez, Ciuffardi, Rokx, Brousset, & Gachet, 2017). En el 2012, se evaluó que el 42,3% de los niños y niñas indígenas presentaba retraso en el crecimiento, comparado con el 25,2% de promedio nacional (Freire et al., 2013).

La desnutrición infantil tiene importantes determinantes sociodemográficos a nivel individual (por ejemplo, la edad), a nivel del hogar (el ingreso económico, el número de hermanos, el empleo familiar y la educación de la madre) y a nivel comunitario (diferencias entre comunidades en seguridad alimentaria, acceso a servicios de salud y agua, y servicios sanitarios) (López VK, 2018). Frente a esta realidad, el Ministerio de Salud Pública del Ecuador (MSP), para revertir la situación, creó el programa “Desnutrición Cero”, en el que intervienen mujeres gestantes y niños menores de 5 años. El propósito es actuar dentro de los 1.000 primeros días de vida, con lo que se pretende disminuir la desnutrición crónica y, por ende, mejorar el estado nutricional de la población con un enfoque integral, según lo rige el Modelo de Atención Integral de Salud- MAIS. Sin duda, es una tarea ardua disminuir estas cifras como país y como región amazónica, por lo que es imprescindible la cooperación multisectorial y el trabajo en conjunto de las instituciones públicas enfocadas en promover el buen vivir.

Este contexto incitó cuestionarnos: ¿Cuáles son las causas de una mala nutrición en la población escolar kichwa del Tena, en la región Amazónica, que se caracteriza por una alta biodiversidad y que aporta suficientes alimentos para que su población esté bien alimentada? ¿Cuál es el uso de los alimentos cultivados en las chagras? ¿Cuáles son los patrones alimentarios de los habitantes kichwa? ¿Cuál es el estado nutricional de la población escolar kichwa del Tena? Estas preguntas motivaron

a presentar el proyecto de investigación: “Comunidad, comida y salud: mujeres y un nuevo diálogo entre tradición e innovación culinaria”. El objetivo de este es generar herramientas interculturales sobre la alimentación saludable, tomando en consideración los aspectos culturales de los alimentos dentro del pueblo kichwa de la Amazonía.

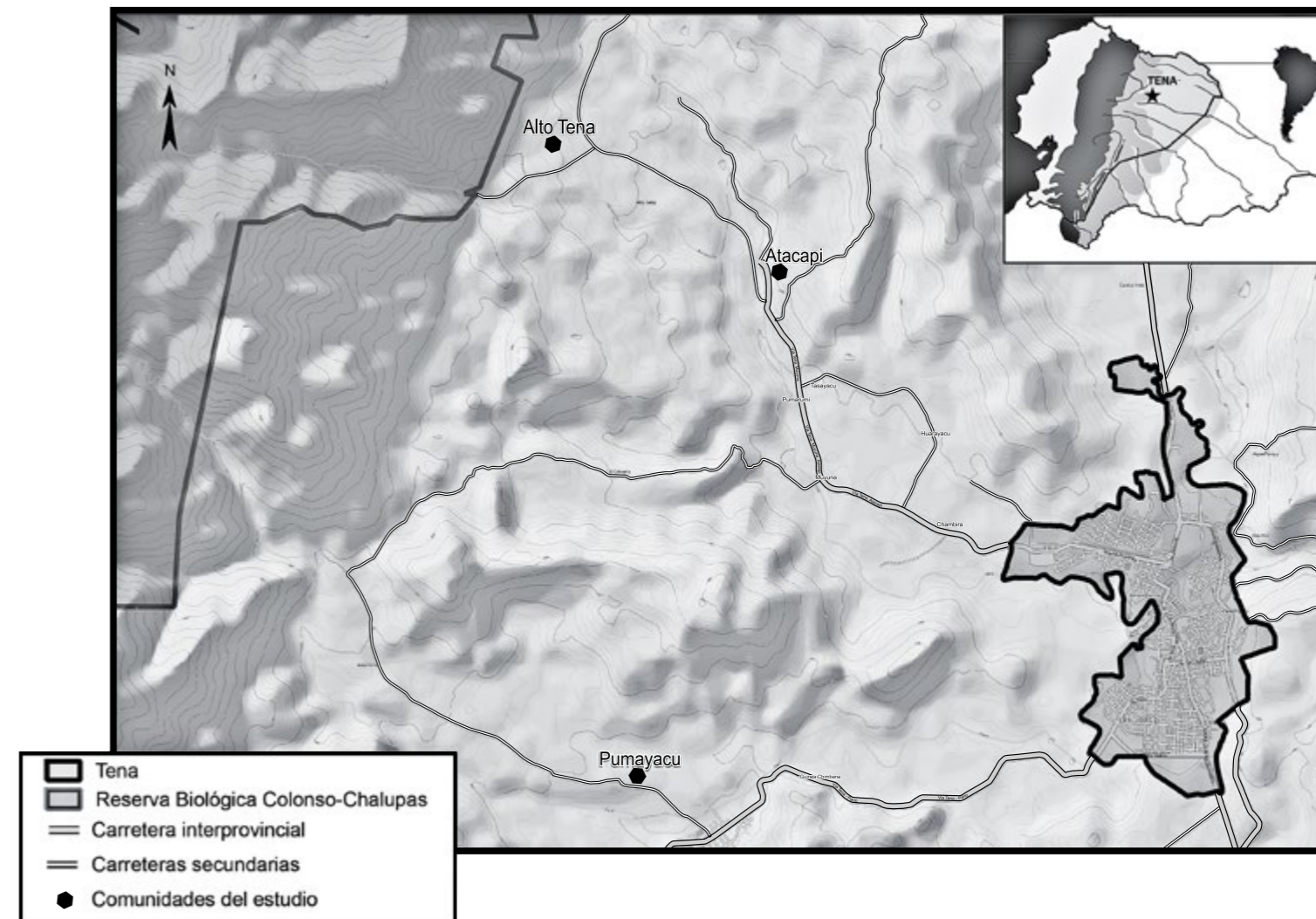
Estamos conscientes de que incidir en los hábitos alimentarios es un reto grande, pero si se desea aplicar la ciencia a la comunidad es imprescindible hacerlo. Este proyecto sucedió a un primero que se interesó en estudiar la diversidad cultivada y alimentaria, que registró una elevada agrobiodiversidad y una baja diversidad alimentaria, que constituyó el detonante para interesarnos con mayor detalle a las prácticas alimentarias y el empleo de los productos de las chagras en la dieta familiar. Además, de constatar lo poco que se ha estudiado a los aspectos nutricionales de los alimentos amazónicos.

Comunidades en donde se realizó el proyecto

Entre abril de 2016 y diciembre de 2018, se desarrolló el proyecto sobre las prácticas alimenticias, diversidad alimentaria, innovación culinaria y diagnóstico del estado nutricional de los escolares en las comunidades kichwa de Alto Tena, Atacapi y Pumayacu. Estas se ubican a distancias de entre 7 a 12 km de la ciudad del Tena, zona periurbana (mapa 1). La población total de Alto Tena es de 185 habitantes; Atacapi, de 335 y Pumayacu, de 198.

Los consentimientos informados previos de la investigación en las tres comunidades kichwa se obtuvieron durante asambleas de la comunidad y en reuniones organizadas por los investigadores. Durante estas mesas de trabajo, los habitantes manifestaron su interés, principalmente, en la salud de los más pequeños del hogar; por esta razón, se adaptó la propuesta

Mapa de ubicación de las comunidades kichwa estudiadas



Mapa 1: Comunidades kichwa de Alto Tena, Atacapi y Pumayacu. Fuente: Zurita-Benavides, mapa fuente OpenStreetMaps.



Foto 3: Diagnósticos nutricionales en la comunidad de Atacapi.
Fuente: Zurita-Benavides.

inicial que fue hacer un diagnóstico nutricional de todos los miembros de cinco familias en cada comunidad, a un estudio nutricional focalizado en los niños escolarizados en los sitios de estudio.

Intercambio de vivencias y experticias con alimentos nutritivos de las chagras

Concebir herramientas interculturales acerca de la alimentación saludable supone un trabajo interdisciplinario e interinstitucional. En este proyecto colaboramos especialistas de la salud con antropólogos y etnoecólogos para evaluar el estado y composición nutricional de las dietas consumidas diariamente. La colaboración supuso también vincular las comunidades kichwa con la academia (universidades ecuatorianas y españolas) y con la institución rectora de la salud, el MSP. Esta red permite fortalecer los campos de acción de cada uno de los actores.

Las comunidades kichwa participaron activamente en todas las actividades y son evidentemente los beneficiarios. Los académicos ecuatorianos y españoles concibieron métodos para registrar los conocimientos y representaciones de la alimentación. La participación de los funcionarios del MSP, médicos y técnicos de apoyo de atención primaria (TAPs) fue central, ya que conocían a la población local, y son los locutores directos y constantes con los miembros de las comunidades en temas de salud.

Por eso, por la importancia de los últimos, se organizó dos capacitaciones dirigida a los TAPs sobre nutrición con alimentos locales. En estas, la doctora Adriana Pauker divulgó información nutricional y también la forma idónea en que se debe aconsejar a los pacientes sobre la manera de alimentarse. El personal del MSP participó igualmente en varias de las actividades de este proyecto, como apoyo y receptores de información, la cual es necesaria divulgar y valorizar.

La evaluación del estado nutricional de los escolares incluyó: evaluación antropométrica (medición de peso, talla y circunferencia abdominal), biometría hemática y medición del consumo de alimentos. Además, se realizó un examen coproparasitario. Esta evaluación nutricional se efectuó en dos ocasiones, con un intervalo de seis meses, para poder monitorear la evolución del estado nutricional después de haber divulgado información alimentaria y culinaria.

Los resultados de la evaluación del estado nutricional de la población escolar estudiada evidenciaron que coexisten desnutrición y anemia, problemas importantes de salud pública (Harkenthal, L. 2018) y perjudican la vida de los niños y niñas ecuatorianas. Adicionalmente, se evidenció una alta prevalencia de parasitosis intestinal. Dichos resultados fueron entregados a los padres de familia y también al MSP, organismo encargado de administrar el tratamiento adecuado. Además, permitieron abrir el debate con los padres acerca de la importancia de una buena alimentación para asegurar que sus hijos escolarizados mejoren su salud, la misma que incide en su rendimiento escolar. La población estuvo muy receptiva para escuchar la información nutricional, dado que la salud de sus hijos es primordial.

Patrón de consumo de alimentos

Este patrón se investigó mediante una encuesta de recordatorio de 24 horas (Basiotis et al., 1987), adaptada al medio local, que se administró en los hogares a las cabezas de cada hogar, y a los niños y niñas mayores de 8 años junto con las madres (datos en preparación). Este método supone registrar todos los alimentos ingeridos en dos días habituales de alimentación y uno especial (por ejemplo, fin de semana o fiesta).

Con respecto al patrón alimentario investigado de 16 familias de Pumayacu (ver gráfico 1), se aprecia que las tres comidas más importantes del día son el desayuno, almuerzo y merienda.

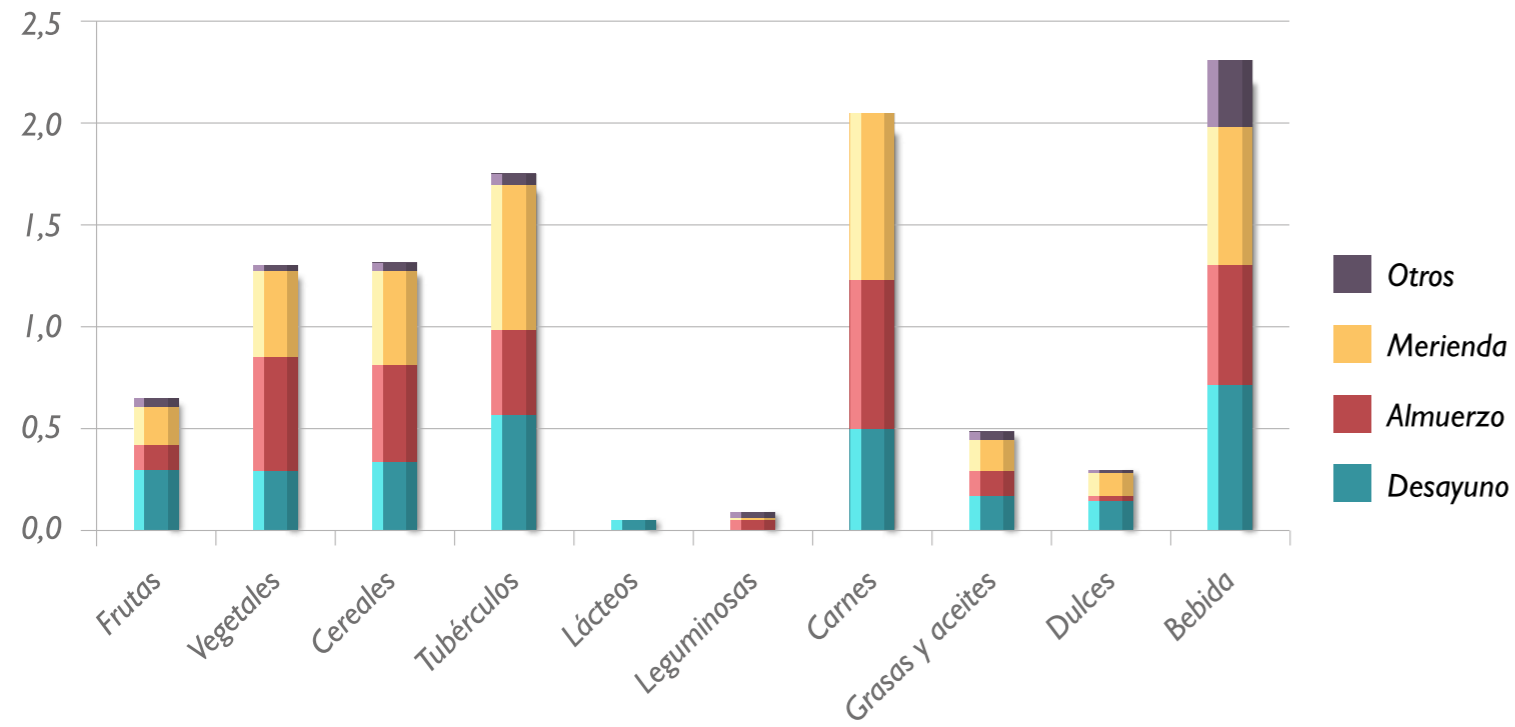


Gráfico 1: Patrón alimentario de 16 familias de la comunidad de Pumayacu.



Foto 4: Compartiendo después de trabajo colectivo.
Fuente: Alexandra Pech.



Foto 5: Inicio de la “minga culinaria” Alicia Illanes verifica los ingredientes disponibles.
Fuente: Zurita-Benavides.

Se observa que en el desayuno ingieren la mayor cantidad de bebidas (chicha, jugos) y tubérculos (papa, yuca, plátano verde), fuentes importantes de carbohidratos; en el almuerzo y merienda, el alimento más consumido son las carnes (fuente de proteínas), combinados con vegetales y tubérculos (fuentes de carbohidratos). Adicionalmente, se observa un menor consumo de lácteos, grasas, aceites, leguminosas y dulces. Las familias participantes casi no ingieren alimentos procesados y consumen los propios cultivados de sus chagras (Pech, 2017).

Para complementar, durante un periodo de tres meses, se realizó una etnografía de la alimentación en Pumayacu (Pech, 2017). En las otras dos comunidades, el método cuantitativo se complementó con los cualitativos, como observación participante y entrevistas semiestructuradas de las prácticas alimentarias y características de gusto en los alimentos.

Los niños fueron actores centrales, ya que participaron en los diagnósticos de salud. También, en la escuela de Pumayacu, en compañía del docente, se realizaron prácticas de cocina con productos de la chagra, donde, de manera lúdica, se experimentaron otras formas de preparar los alimentos. De tal forma que, si bien el Estado a través del Ministerio de Educación promueve y distribuye alimentos manufacturados, la escuela también puede aportar a revertir el fenómeno de homogeneización alimentaria.

Una segunda fase del proyecto implicó la puesta en valor de los productos alimentarios de la zona, organizando talleres de innovación culinaria. Estas capacitaciones denominadas “Mingas culinarias” fueron dirigidos por la chef ancestral, Alicia Illanes (Asociación Challuwa Mikuna) y recibió el apoyo de chefs voluntarios de ENGIM, como Bruno Selvestrel. En estos espacios de intercambio de alimentos y conocimientos, los miembros de las comunidades participantes aportaron uno o varios productos de sus chagras; una vez que los ingredientes estaban en la mesa, se definían las recetas que se podían aplicar. De tal manera que debían preparar los platillos con lo que

estaba disponible, en términos de alimentos locales y medios, como formas de cocción y utensilios. Esto con el afán que estas recetas puedan ser replicadas en cada hogar.

En los talleres participaron todos los miembros de las comunidades interesadas, de acuerdo a su disponibilidad de tiempo; a pesar de que los hombres, en algunos sitios, tuvieron una participación escasa, porque consideraban que la preparación culinaria es una labor exclusivamente femenina. En cambio, los niños y niñas participaron activamente como ayudantes de cocina. Igualmente, durante los talleres, por ejemplo, se realizaron actividades denominadas “Arma tu platillo”, que consistía en que en una mesa se presentaron fotografías de varios alimentos y cada persona definía la composición de su plato; enseguida, la especialista de salud le explicaba los valores nutricionales y se daban las recomendaciones para componer de manera balanceada cada comida. Las diversas actividades en la cocina de las escuelas o comunitarias crearon un espacio óptimo para compartir y conversar sobre los valores tangible e intangibles de los alimentos locales.

Para divulgar la información, algunas de las recetas se presentaron en la publicación “Alimentos ricos y nutritivos de las chagras kichwa” y en el video educativo “De la chagra en la olla”. Estos instrumentos de divulgación esperan ser utilizados por las personas participantes en el proyecto, así como, de manera más amplia, en las escuelas y centros de salud con población indígena. Estas herramientas fueron diseñadas para que la población kichwa otorgue a sus alimentos el valor que se merece, con respecto a los nutrientes que contienen. De tal manera, que la decisión de los alimentos a consumir se base en gustos personales, disponibilidad y también en los beneficios que cada uno de los productos tienen para el cuerpo y alma.

La publicación es una herramienta que también puede ser utilizada por especialistas de salud, para que puedan recomendar a sus pacientes productos de la zona, de acuerdo a los valores nutricionales. Asimismo, el video espera ser

difundido de manera amplia entre los jóvenes y ser igualmente una herramienta educativa en las escuelas. Este video hace hincapié en la complementariedad de género para realizar las actividades culinarias y la multiplicidad de preparaciones que se pueden crear con los recursos locales.

Otro video sobre la importancia de los sistemas alimentarios kichwa es la película etnográfica que se está preparando por parte de Jorge Moreno Andrés y Julián López (UNED). Esta película se realizó con la participación activa de los miembros de la comunidad kichwa de Pumayacu durante septiembre de 2018. Por lo que, igualmente, se espera que, a más de difundir esta película entre antropólogos, pueda ser un material utilizado por centros educativos y de salud, con el objetivo de que los jóvenes kichwa estén orgullosos de sus alimentos.

Algunas últimas consideraciones

Estas herramientas esperan aportar a la mejora del estado nutricional de las poblaciones amazónicas, quienes viven en un ecosistema abundante en alimentos ricos en nutrientes. Esta investigación es valiosa porque, por primera vez, genera información sobre la situación nutricional y los patrones alimentarios actuales de la población escolar kichwa del Tena (análisis en curso).

Las transiciones alimentarias de las poblaciones indígenas amazónicas necesitan ser registradas y comprendidas, dado que las transformaciones al modelo occidental son recientes, por lo que es necesario comprender localmente, los significados culturales que se asigna a lo que se consume.

Consideramos que, para poder incidir en el cambio de los hábitos alimentarios, es necesario varias intervenciones a repetición. Los talleres de “Mingas culinarias” fueron espacios fructíferos de diálogo sobre la importancia que debe de

otorgarse a los alimentos locales. El éxito de estos está en la repetición, para motivar a que las preparaciones culinarias no sean solo consumidas en los talleres, sino sean recetas cotidianas que se repliquen. Cabe mencionar que estos talleres hacen eco a otras iniciativas que se ejecutan en la provincia por instituciones gubernamentales y no gubernamentales, con la finalidad de valorar los alimentos locales, enfocándose principalmente en fortalecer la actividad turística. A pesar de tener objetivos distintos, la seguridad y la soberanía alimentaria, y el emprendimiento y la valorización de los alimentos locales es primordial para todos. Esperamos que las actividades y herramientas diseñadas en este proyecto sean de gran alcance geográfico y cultural, y se repitan de generación en generación.

Los resultados de esta investigación resaltan la necesidad de una indagación adicional para comprender las vías que llevan a la malnutrición infantil, y así desarrollar apropiadas intervenciones de salud pública y políticas sociales, que prevengan y combatan la malnutrición infantil en la Amazonía ecuatoriana.



Foto 6: Mujeres de Atacapi y Alto Tena “arman sus platillos”.
Foto: Zurita-Benavides.

Referencias Bibliográficas:

- Basiotis, P.P., Welsh, S. O., Cronin, F. J., Kelsay, J. L., Mertz, W., & others. (1987). Number of days of food intake records required to estimate individual and group nutrient intakes with defined confidence. *Journal of nutrition*, 117(9), 1638–1641.
- Bertran Vilà, M. (2010). Acercamiento antropológico de la alimentación y salud en México. *Physis. Revista de saúde coletiva*, 20(2), 387–412.
- Chirif, A. (2014). *Pueblos de la yuca brava: Historia y culinaria*. Recuperado de http://shop.iwgia.org/pi/Pueblos_de_la_yuca_brava_Historia_y_culinaria_2178_70.aspx
- Clement, C. R., de Cristo-Araújo, M., d'Eeckenbrugge, G. C., Alves Pereira, A., & Picanço-Rodrigues, D. (2010). Origin and Domestication of Native Amazonian Crops. *Diversity*, 2(1), 72–106. <https://doi.org/10.3390/d2010072>
- D'Ambrosio, U., & Puri, R. K. (2016). Foodways in transition: food plants, diet and local perceptions of change in a Costa Rican Ngäbe community. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s13002-015-0071-x>
- Dufour, D. L., Piperata, B. A., Murrieta, R. S. S., Wilson, W. M., & Williams, D. D. (2016). Amazonian foods and implications for human biology. *Annals of Human Biology*, 43(4), 330–348. <https://doi.org/10.1080/03014460.2016.1196245>
- FAO, OPS, WFP, & UNICEF. (2018). *Panorama de la Seguridad Alimentaria y Nutricional: En América Latina y El Caribe*. Recuperado de https://www.unicef.org/lac/sites/unicef.org/lac/files/2018-11/20181106_PanoramaSeguridadAlimentaria2018_0.pdf
- Freire, W. B., Ramírez-Luzuriaga, M. J., Belmont, P., Mendieta, M. J., Silva-Jaramillo, K., Romero, N., ... Monge, R. (2013). *Resumen Ejecutivo. Tomo I. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición del Ecuador. ENSANUT-ECU 2011-2013*. Quito: Ministerio de Salud Pública / Instituto Nacional de Estadística y Censos.
- Gutiérrez, N., Ciuffardi, T., Rokx, C., Brousset, H., & Gachet, N. (2017). *Apuntado alto: Retos de la lucha contra la desnutrición crónica en Ecuador*. Recuperado de <https://www.inclusion.gob.ec/wp-content/uploads/2018/12/APUNTANDO-ALTO-4-OCTUBRE-2018-ilovepdf-compressed.pdf>
- Jacoby E. Circuitos cortos, salud y nutrición en América Latina. En: Agricultura familiar y circuitos cortos Nuevos esquemas de producción, comercialización y nutrición. Publicación de las Naciones Unidas. Santiago de Chile: CEPAL, Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud, FAO, Délégation Régionale de Coopération Cône Sud, Brésil, Pays Andins; 2014. p. 26-31. (Seminarios y Conferencias).
- Harkenthal, L. (2018). *La política peruana de lucha contra la pobreza y el papel de la cooperación internacional. El problema de la desnutrición en la Amazonía Peruana como ejemplo (tesis de maestría)*. Universidad de Valladolid. España
- Hussak Van Velthem, L. (2007). Farinha, casas de farinha e objetos familiares em Cruzeiro do Sul (Acre). *Revista de Antropologia*, 50(2), 605–631.
- Jacoby, E. (2014). Circuitos cortos, salud y nutrición en América Latina. En *Seminarios y Conferencias: Vol. 77. Agricultura familiar y circuitos cortos. Nuevos esquemas de producción, comercialización y nutrición* (Publicación de las Naciones Unidas, pp. 26–31). Santiago de Chile: CEPAL, Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud, FAO, Délégation Régionale de Coopération Cône Sud, Brésil, Pays Andins.
- Katz, E. (2009). Alimentação indígena na América Latina: comida invisível, comida de pobres ou patrimônio culinário? *Espaço Ameríndio*, 3(1), 25.
- Lopez VK, Dombecki C, Trostle J, Mogrovejo P, et al. (2018). Trends of child undernutrition in rural Ecuadorian communities with differential access to roads, 2004–2013. *Matern Child Nutr*. e12588. <https://doi.org/10.1111/mcn.12588>.
- Mezzenzana, F. (2014). "Doing it like Real Runa Women and Men" A Runa Ceremonial Festival. *Tipiti: Journal of the Society for the Anthropology of Lowland South America*, 12(1), 61–79.
- Montagnac, J., Davis, C., & Tanumihardjo, S. (2009). Nutritional Value of Cassava for Use as a Staple Food and Recent Advances for Improvement. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 8, 181–194.
- Moya, A. (2010). *El Atlas alimentario de los pueblos indígenas y afrodescendientes del Ecuador*. Quito: MIES, FAO, Universidad de Cuenca, AECID.
- Pech, A. (2017). *Ce que « bien manger » veut dire à Pumayacu. Etude des préférences et des choix alimentaires dans le cadre d'un système alimentaire en transition (Amazonie équatorienne) (Mémoire de Master 2 "Environnement, Développement, Territoires, Sociétés")*. Musèum National d'Histoire Naturelle, Paris.
- Peñuela Mora, M. C., Schwarz, A., Monteros Altamirano, Á., Zurita-Benavides, M. G., Cayapa, R., & Romero, N. (2016). *Guía de la agrobiodiversidad. Tres comunidades Tena-kichwa: Alto Tena, Atacapi y Pumayacu*. Tena: Universidad Regional Amazónica Ikiam.
- Suremain, C.-É. de, & Katz, E. (2009). Introducción: Modelos alimentarios y recomposiciones sociales en América Latina. *Anthropology of food*, (S6). Recuperado de <https://aof.revues.org/6432>
- Uzendoski, M.A. (2004). Manioc Beer and Meat: Value, Reproduction and Cosmic Substance Among the Napo Runa of the Ecuadorian Amazon. *Journal of the Royal Anthropological Institute*, 10(4), 883–902. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9655.2004.00216.x>
- Wilson, W. M., & Dufour, D. L. (2002). Why "Bitter" Cassava? Productivity of "Bitter" and "Sweet" Cassava in a Tukanoan Indian Settlement in the Northwest Amazon. *Economic Botany*, 56(1), 49–57. <https://doi.org/10.2307/4256519>
- Zurita Benavides, M. G., Schwarz, A., Peñuela Mora, M. C., & Monteros Altamirano, Á. (press). Transiciones alimentarias: uso de la tierra, plantas y dietas entre los kichwas de Tena, Napo. En N. Rebaï & A.-G. Bilhaut (Eds.), *Patrimonios Alimentarios en América Latina. Recursos locales, actores y globalización*. Lima: Institut Français de Estudios Andinos (IFEA).
- Zurita-Benavides, M. G., Mogrovejo J., P., & Pauker, A. (press). Aspectos Culturales de las Representaciones de Alimentos Buenos y Sabrosos para Poblaciones Kichwa de la Amazonía Ecuatoriana. En *Actas del VII Congreso Latinoamericano de Agroecología*. Guayaquil.



Foto 7: Alimentos con productos de la chagra.
Fuente: Mariana Capparelli.

EXPERIENCIAS

Para un cuerpo sano, comamos los deliciosos alimentos de la chagra

Carmen Ajón y Delfín Tapuy

Habitantes de la comunidad kichwa de Pumayacu

María Gabriela Zurita-Benavides

Docente-investigadora

Universidad Regional Amazónica Ikiam

De los ancestros al presente: entre tradición y realidad

¡No queremos olvidar nuestras costumbres! Para nosotros es importante valorar la cultura kichwa; por eso, estamos gustosos de participar y continuar impulsando iniciativas que motiven a los jóvenes a no olvidar su identidad. Lo importante para nosotros es aprender algo con nuestros propios productos, para continuar, no olvidar y recomendar a nuestros hijos que los mejores alimentos tenemos aquí, en las fincas y en las chagras. Ahora, los jóvenes no quieren tomar la chicha, no quieren hablar el kichwa e incluso no quieren comer las cosas que nosotros hemos comido por años.

Antes, nuestros abuelitos comían solo los alimentos de la chagra y de la selva, y se cuidaron con plantas medicinales; su estado de salud era muy bueno, eran sanos sin enfermedad, no seguían tratamientos en el hospital y hasta murieron con buenas dentaduras. Ahora, nuestros jóvenes ni dentadura tienen, a temprana edad pierden las muelas y tienen dientes postizos.

Estamos en este siglo XXI y nuestros hijos contraen numerosas enfermedades a corta edad, pero desconocemos si es porque comen exceso de golosinas o si les está haciendo falta algún nutriente en su dieta diaria. Por esta razón, queremos averiguar de la mano de los investigadores de Ikiam sobre los alimentos que mantenían a nuestros abuelos con un buen estado de salud, para comparar con el estilo de vida que tenemos hoy.

Mejorar la salud con los alimentos que cuidamos

Aquí, en el campo tenemos muchos alimentos, pero no los utilizamos, no los valoramos, tenemos de todo, pero estamos trayendo alimentos de afuera, de la ciudad. Los talleres “mingas culinarias”, nos permitieron conocer otras formas de preparar nuestros productos. Por ejemplo, el cacao blanco, en mi casa, siempre se prepara de forma típica; desde los talleres, combinamos este cacao con otros productos, como el ají, el guineo, el pescado ahumado, el garabato yuyo o el chontakuro, para que así quede más rico. Conocimos la importancia de la diversidad alimentaria. Nosotros consumimos e intercambiamos, principalmente, el plátano y la yuca; por lo que no probamos otros ingredientes.

Los exámenes de sangre y heces que se realizaron durante el estudio mostraron que los niños tienen anemia; por eso, es importante para nosotros conocer sobre los alimentos que debemos de priorizar para dar de comer a nuestros hijos.

Las interrogantes son: ¿Qué debemos de comer? ¿Qué debemos cambiar e intercambiar? Por ejemplo, de manera general, creo que comemos solo almidón, alimento que nos engorda mucho; por otro lado, con la chonta solo preparamos la chicha, cuando se la puede procesar de otras maneras; por eso, estamos contentos de lo que aprendimos, porque nos sirve y enseñamos también a nuestros hijos.

Retos para incidir en los hábitos alimentarios

La estrategia para concienciar a la juventud sobre la riqueza e importancia de nuestros alimentos debe ser trazada. Recibimos capacitaciones y libros, pero ni las mamitas ni las hijas practican en sus casas las recetas aprendidas. Ellas ven que la comida de la ciudad se prepara más fácil y rápido, en vez de buscar la comida natural, es decir, lo nuestro, lo que encontramos en el campo. En mi caso (Carmen Ajón), lo que he aprendido, lo he replicado en casa cuando tengo tiempo, especialmente, utilizo el garabato yuyo, el palmito de la chonta y el frutipan, alimentos que preparo con mi familia y comparto con mi suegra. Asimismo, los talleres me motivaron a ensayar otras recetas con los productos de mi chagra.

A veces, los jóvenes reciben capacitaciones, pero sin mayor interés, porque podrían replicar y probar lo que aprendieron en sus casas, pero no lo hacen; esta actitud es como tener mil libros, pero si no son leídos, no sirven de nada. Por esta razón, propongo que una vez que participemos en una capacitación, con los jóvenes y/o con las mamitas que no tienen mucho interés, en la misma semana, en casa de una de las participantes se replique lo aprendido. De tal forma, que aquellos que no estén convencidos, vean la manera en que pueden mejorar la alimentación de sus familias fácilmente. En



Foto 8: Innovando alimentos sabrosos.
Fuente: Juan Ponce.



Foto 9: Niños y adultos comparten chonta.
Fuente: Alexandra Pech.

estas ocasiones, todos participaremos con entusiasmo, ingredientes y mano de obra, ya que creemos que preparar en las casas generará mayor interés sobre lo aprendido.

Existe otro agravante para que las familias de la comunidad no se alimenten bien, ya que la comida de la chagra se vende en los mercados (como es la yuca, el palmito y el garabato yuyo); sin embargo, a pesar que el intercambio es positivo en cantidad, hay que también tomar en cuenta la calidad de los productos: por ejemplo, vendo 20 huevos criollos y traigo una cubeta de huevos que no tiene nada de vitamina, este es un trueque negativo en lo que respecta a calidad. En vez de dar a sus hijos los alimentos altos en contenido nutricional, las mamitas los venden y compran huevos, balanceado, arroz. Todo lo que es bueno lo venden, mientras que lo que es negativo para alimentarse, traen a nuestras mesas... Por lo que nos preguntamos: ¿Qué tipo de alimentación proveen a sus hijos que están en etapa de crecimiento?

Pensamos que se debería vender productos comerciales de las chagras, como cacao, maíz, guayusa, pero tomando en cuenta también que existen otros alimentos que son buenos para la salud de nuestras familias y que deberían ser consumidos en casa.

Adicionalmente, para comer más variado, se puede sacar productos de la chagra a la venta cada cierto tiempo, pero estos deben ser escogidos de manera puntual. No obstante, la realidad es otra: las madres de familia venden los productos nutritivos para financiar los estudios de sus hijos y asumir los gastos escolares. Sin embargo, en esta práctica existe una contradicción, ya que una persona bien alimentada tiene mejor rendimiento escolar. Al comercializar los productos de la chagra, se establece un círculo, la venta de alimentos ricos en nutrientes de las chagras, a cambio de los productos con escasas vitaminas, si bien es cierto que genera un ingreso económico, disminuye sustancialmente las oportunidades de éxito en los estudios de sus pequeños.

Por eso, cabe la reflexión de que, a veces, ni siquiera hay dinero para ir a comprar y estamos deseando comer comida de afuera; cuando lo que necesitamos es buscar la comida de nuestros ancestros para consumir alimentos frescos y ricos en nutrientes, como nos lo merecemos nosotros y nuestros hijos. Sin duda, nuestra comida es parte de nuestra identidad kichwa, de la cual estamos muy orgullosos y debemos mantener de generación en generación para conservar una buena salud.



CAPÍTULO 3

Investigando en Energía

Estudio de alternativas para aprovechamiento energético de biomasa residual del proyecto “Piñón para Galápagos”

Ricardo Narváez
Subdirector Técnico
Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE)

Valeria Ramírez
Analista Técnico de Innovación - Líder del Proyecto
Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE)

Michelle Romero
Técnico del Proyecto
Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE)

La Cooperación Española apuesta por la sostenibilidad ambiental y las energías renovables. A través del Instituto de Investigación Geológico y Energético se impulsan diversas iniciativas que permitan proponer modelos energéticos sostenibles.



Antecedentes

El piñón o *Jatropha curcas* es una planta oleaginosa originaria de México, caracterizada por su capacidad de crecer en suelos poco fértiles y con escasas precipitaciones, gran resistencia a plagas, rápido crecimiento y fácil propagación; además se destaca por su pequeño periodo de gestación. Se cree que estas cualidades, y la alta demanda de semillas oleaginosas en esa época, promovieron que la semilla de piñón fuese propagada por marinos portugueses en la primera mitad del siglo XIX, motivo por el que, actualmente, se pueden encontrar diferentes variedades de esta especie en zonas tropicales y subtropicales de América Latina, Asia y África.

Inicialmente, el interés en esta planta se basó en su uso con fines alimenticios, sin embargo, posteriormente se identificó que las especies surgidas de las semillas exportadas resultaron ser tóxicas, esto debido a la presencia de toxinas como forbol ésteres y curcina. Por este motivo, todos los productos del piñón, incluido el aceite, resultan no aptos para uso alimentario; hasta la actualidad solo se conoce de la existencia de variedades no tóxicas en México.

Lo anterior promovió el uso de la planta de piñón como cerca viva de cultivos comerciales para alejar el ganado. Por otro lado, la semilla en particular fue empleada en medicina tradicional como desparasitante y purgante. De igual manera, el aceite extraído de la semilla se empleó antiguamente como combustible para encender las lámparas de alumbrado público y también fue utilizado como materia prima para la producción de jabón, uso que disminuyó en la década de 1950 y desapareció para la década de 1970, debido principalmente al desarrollo de detergentes sintéticos más baratos.

A partir del año 2004, se evidenció un importante impulso en el interés hacia la utilización de fuentes alternativas de energía, debido al aumento del consumo energético mundial y a la necesidad de contrarrestar los problemas ambientales

asociados al uso de combustibles fósiles. Lo anterior trajo consigo el interés en la investigación sobre el uso de cultivos no alimentarios con fines energéticos. De ahí que el aceite de piñón retomó importancia, esta vez, como potencial materia prima para producción de biocombustible. El potencial del uso de aceite de piñón como un sustituto del combustible de petróleo fue evidenciado ya desde la Segunda Guerra Mundial, época en la cual fue empleado exitosamente como sustituto del diésel en varios países africanos.

La actual existencia de gran cantidad de variedades genómicas de esta planta, cada una con diferentes características y propiedades, ha conducido a centrar las últimas investigaciones en su caracterización, el análisis de la aplicabilidad del uso de su aceite ya sea de forma directa en motores diseñados para este fin o mediante su transformación a biodiesel y en el uso de los residuos generados en la extracción del aceite con fines energéticos.

Origen e impacto en el desarrollo del país

En Ecuador, la investigación sobre el uso de piñón para la producción de biocombustibles surge a raíz de la problemática energética de las Islas Galápagos, enfocada en la dependencia de combustible proveniente del Ecuador continental, la cual ha originado problemas de inseguridad y vulnerabilidad de la cadena de abastecimiento frente a contingencias externas, además de constantes episodios de contaminación asociados al transporte, manejo y uso de estos combustibles. Estos inconvenientes han sumido a Galápagos en un sistema energético frágil, poco eficiente e inapropiado para responder a las responsabilidades de protección y conservación del ecosistema de las islas.

En respuesta a los problemas energéticos de Galápagos y en el contexto de una estrategia encaminada al desarrollo de un sistema energético sostenible, el Estado ecuatoriano lanzó en abril de 2007 el programa: “*Cero Combustibles Fósiles para Galápagos*”, con el objetivo, a corto plazo, de reducir gradualmente el uso de diésel en la generación eléctrica hasta su eliminación y, a largo plazo, de sustituir los combustibles fósiles por biocombustibles en las actividades de transporte, pesca y turismo.

A partir del lanzamiento de este proyecto, varias alternativas para la producción de combustibles de origen vegetal fueron evaluadas, mediante estudios de factibilidad con criterios económicos, técnicos, ambientales y sociales, luego de lo cual se llegó a la conclusión de que el aceite de piñón constituía una opción tecnológicamente viable y, sobre todo, ambientalmente beneficiosa para ser utilizada como biocombustible en Galápagos. Esto motivó al entonces Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), en convenio con el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), a llevar adelante importantes investigaciones en el componente agrícola y agroindustrial del cultivo de esta planta.

La iniciativa “*Cero Combustibles Fósiles para Galápagos*” impulsó la producción de aceite de piñón con fines energéticos, promoviendo también una nueva opción de aprovechamiento del cultivo y nuevas oportunidades de negocio para los agricultores de la región Costa del país. En consecuencia, en el 2010, se instalaron en la Isla Floreana dos grupos electrógenos adaptados para su funcionamiento con aceite puro de piñón, con el fin de apoyar al suministro energético de los sistemas solares fotovoltaicos instalados en la isla. Entre los años 2010 y 2011, el proceso de extracción del aceite de la semilla de piñón enviado a la isla Floreana fue realizado por empresas subcontratadas hasta que, a finales de 2012, se inauguró la planta extractora de piñón denominada “Compactropha”, la misma que se ubicó en las instalaciones de la Estación Experimental de Portoviejo del INIAP.

El incremento en la demanda de aceite de piñón, debido a un aumento en la necesidad energética de la Isla, sumado a la difusión que tuvo esta iniciativa en el transcurso del tiempo, permitieron que la producción de este fruto se incrementó paulatinamente. A la par, con el aumento del cultivo, incrementó también la cantidad de residuos generados durante el proceso de extracción (cáscara y torta de piñón), tal es así que, tomando como referencia el año 2012, que fue el de mayor recolección, a partir del procesamiento de 213 toneladas de semilla, se obtuvo aproximadamente 64 toneladas de cáscara y 105 toneladas de torta de piñón, como residuo del proceso. Esta cantidad de residuos representó un problema para la estación de extracción, debido al gran espacio demandado para su almacenamiento y a la ausencia de un sistema de tratamiento o aprovechamiento de los mismos.

Como una alternativa de solución a esta problemática, el entonces Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER), actualmente, Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE), propuso el proyecto: “*Estudio de Alternativas para Aprovechamiento Energético de Biomasa Residual del Proyecto Piñón para Galápagos*”, el cual fue financiado con fondos públicos desde enero de 2014. Este proyecto tuvo como objetivo analizar la biomasa residual procedente de la extracción de aceite de la semilla de piñón y evaluar tecnologías de tratamiento para su aprovechamiento energético. Dicha investigación promovió la diversificación de productos a partir de la cadena productiva de piñón en aporte a su sostenibilidad económica y ambiental.

Hasta el año 2016, la investigación se enfocó en el tratamiento de la torta residual, la cual constituye la materia sólida resultante del prensado de la semilla. Sin embargo, durante el desarrollo del proyecto se identificó el gran potencial de la cáscara del fruto de piñón para su empleo con fines energéticos. Esto incentivó al IIGE, en colaboración con expertos técnicos del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), a plantear la evaluación de una nueva alternativa



tecnológica de aprovechamiento para este residuo en particular. Es así como surgió una nueva línea de investigación dentro del proyecto financiada por la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), bajo el nombre de: *“Apoyo a la investigación en el INER: Estudio de la viabilidad de producción de bioetanol a partir de la hidrólisis enzimática de la cáscara de la semilla de Jatropha curcas”*.

Entre las ventajas del aprovechamiento de la cáscara mediante hidrólisis enzimática se encuentra la posibilidad de obtención de azúcares como glucosa, galactosa, xilosa y arabinosa, que pueden ser aplicados en la industria farmacéutica o alimenticia. También, es posible la obtención de otros bioproductos de interés a nivel industrial como: xilitol (edulcorante utilizado en la industria alimenticia), ácido láctico (alternativa al uso de la glicerina en la industria cosmética y regulador de la acidez en la industria alimenticia) y glicerol (utilizado en productos cosméticos para el cuidado personal).

Además de las ventajas antes mencionadas, se observó la oportunidad de aportar a los objetivos del plan piloto *“Gasolina Ecopaís”*, que surgió a raíz de la problemática nacional de movilidad y el incremento en el consumo de combustibles para transportación. Este proyecto consistió en mezclar gasolina extra (95%) con etanol (5%), con la intención de incrementar este porcentaje de manera progresiva hasta el 10%. Para cumplir con la demanda estimada de este tipo de etanol, se requeriría incorporar aproximadamente 66.000 hectáreas de caña de azúcar, lo que podría implicar un riesgo para áreas útiles de cultivo de alimentos. En este sentido, la producción de etanol a partir de la cáscara residual de piñón constituiría una alternativa sostenible para la producción de este etanol.

El proyecto plantea el aprovechamiento de la cáscara residual del proceso de extracción de aceite de piñón para la obtención de bioetanol de segunda generación. Con esto, se busca ofrecer una alternativa útil de manejo y disposición de los residuos de

cáscara, maximizando a su vez el aprovechamiento energético del piñón en Ecuador, además de promover el interés de todos los actores involucrados dentro de la cadena de producción y aportar al proyecto de producción de gasolina Ecopaís.

Contexto en el que se enmarca la investigación

Desde la década de 1980, Ecuador ha incursionado en la investigación en el ámbito de energías alternativas; sin embargo, entre 1980 y 2007, los avances alcanzados en este aspecto se limitaron a pocas investigaciones en los campos de geotermia, energía eólica, recursos hídricos y biomasa, llevados a cabo e impulsados en su mayoría por universidades y entidades privadas.

El importante crecimiento poblacional trajo consigo un incremento en el consumo energético per cápita y, en consecuencia, un aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero, constituyéndose en una problemática de jurisdicción gubernamental. A partir de ahí, mediante la Constitución de la República del Ecuador de 2008, el Estado asume responsabilidad sobre la promoción de la eficiencia energética, y el desarrollo y uso de prácticas tecnológicas diversificadas, no contaminantes, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas y el derecho al agua.

Lo anterior motivó a que en 2008 la participación de energías renovables (hidráulica, eólica, fotovoltaica, geotérmica, biomasa, biogás, entre otras fuentes) alcanzará un 14,4 % en la oferta interna de energía. Es así como en el 2012, con el fin de cumplir con los preceptos establecidos en la Constitución y dar un nuevo impulso a la participación de energías renovables dentro de la oferta interna de energía, se declaró de interés nacional el desarrollo de biocombustibles como medio para el

fomento agrícola y, a la par, se creó el INER, Instituto que ha mantenido proyectos de investigación científica y tecnológica en diferentes líneas de energías renovables, entre ellas la de biomasa.

Históricamente, la demanda energética en el país ha venido dada en mayor proporción por el sector transporte, seguido del sector industrial y residencial, lo cual ha implicado que los derivados de petróleo sean los productos energéticos de mayor consumo, en particular la gasolina; solo entre 2008 y 2010, la demanda de energía en el sector del transporte paso de 24 a 30 kBEP (miles de barriles equivalentes de petróleo). Este importante incremento ha sido promovido, principalmente, por el uso irracional de los combustibles asociado al subsidio de los mismos, lo que hace que los precios de este producto sean relativamente bajos en comparación con el mercado internacional. Esto ha evidenciado un incremento significativo del transporte privado.

En 2010, como medida de solución a estos problemas, se lanzó el Plan Piloto Gasolina Ecopaís, a fin de mezclar gasolina extra con etanol, y reducir las emisiones de monóxido de carbono. Esto llevó a que entre 2011 y 2017, el uso de melaza y jugo de caña para producción de etanol incremente de 6.220 a 55.400 toneladas y de 42.300 a 376.200 toneladas, respectivamente. El riesgo implícito para áreas útiles de cultivo de alimentos que trajo consigo este aumento en la producción de caña de azúcar y la oportunidad de apoyar a la sostenibilidad de la cadena productiva de piñón y fomentar el desarrollo productivo rural, motivaron al equipo de investigación de biomasa del IIGE a proponer el proyecto *“Apoyo a la investigación en el INER: Estudio de la viabilidad de producción de bioetanol a partir de la hidrólisis enzimática de la cáscara de la semilla de Jatropha curcas”*, propuesta alineada a alcanzar políticas y objetivos de soberanía energética enmarcados dentro del Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021.

Objetivos, metodología, fases y resultados esperados

La idea del proyecto nace del conocimiento existente en torno al potencial de los residuos lignocelulósicos como materia prima para producción de energía. Son las propiedades intrínsecas de cada residuo las que definen su aplicabilidad para determinado tratamiento o proceso de aprovechamiento. Por bibliografía y ensayos de laboratorio realizados por el IIGE, de la cáscara de piñón se conoce el alto contenido de azúcares fermentables presentes en su estructura, lo que la convierte en una materia prima ideal para la producción de alcohol y otros bioproductos de interés a nivel industrial como: xilitol, ácido láctico, glicerol, entre otros.

Una de las tecnologías más empleadas para la producción de alcohol a partir de materia prima lignocelulósica es la hidrólisis enzimática, proceso que consiste en la liberación de los azúcares estructurales de la biomasa, para su posterior fermentación. Actualmente, la materia prima más empleada en este proceso es la paja de diversos cereales y cultivos herbáceos; sin embargo, la gran ventaja de esta tecnología es precisamente que permite el empleo de diversas materias primas para la producción de biocombustibles y bioproductos, por lo cual, el proyecto busca optimizar este proceso para el tratamiento de la cáscara de piñón.

Para comprender de mejor manera la hidrólisis de biomasa es necesario conocer como está formada su estructura. Se conoce como biomasa lignocelulósica a aquella materia compuesta principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina, algunos ejemplos de este tipo de materiales constituyen el bagazo de caña de azúcar, la cascarilla de arroz, la cáscara, pseudotallo y hojas del banano, entre otros. La estructura que otorga solidez y resistencia a estos materiales es la pared celular, en la cual la celulosa, hemicelulosa y lignina se encuentran entrelazadas entre sí formando una estructura altamente ordenada. En

 Plan Nacional de Desarrollo	Objetivo 5: Impulsar la productividad y competitividad para el crecimiento económico sostenible de manera redistributiva y solidaria.
	Política 5.6: Promover la investigación, la formación, la capacitación, el desarrollo y la transferencia tecnológica, la innovación y el emprendimiento, la protección de la propiedad intelectual, para impulsar el cambio de la matriz productiva mediante la vinculación entre el sector público, productivo y las universidades.
 Plan Sectorial	Contribuir a la soberanía del conocimiento, investigación y transferencia tecnológica en materia energética*
 Plan Institucional	Misión: Generar y promover conocimiento en el ámbito de la geología y la energía, mediante investigación científica, asistencia técnica y servicios especializados para el aprovechamiento responsable de los recursos renovables y no renovables, contribuyendo a la toma de decisiones en beneficio de la sociedad.
	Objetivo: Incrementar la investigación, el desarrollo, la innovación y la transferencia tecnológica en el ámbito geológico y energético.

Figura 1: Alineación del proyecto con las políticas y objetivos nacionales.
Fuente: PND-Senplades.
Elaboración: IIGE.

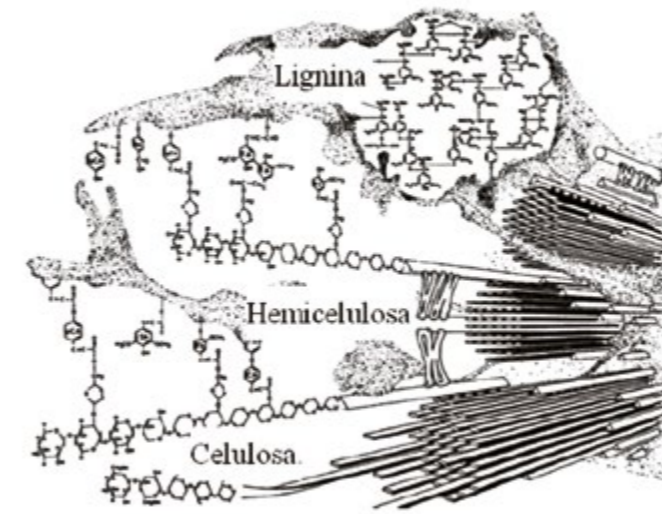


Figura 2: Estructura de una matriz lignocelulósica (Bidlack et al., 1992).

esta estructura las moléculas de celulosa se encuentran en la parte interior de la pared, unidas entre sí mediante cadenas de hemicelulosa, en forma de microfibras paralelamente ordenadas las cuales se encuentran recubiertas y protegidas por lignina. Un esquema de esta estructura se presenta en la Figura 2 (Abril y Navarro, 2012).

Como se evidencia de la explicación anterior, la celulosa constituye el compuesto más interno de la pared celular, esto dificulta en gran manera el proceso de hidrólisis, debido a que es precisamente de la celulosa de donde se obtiene el mayor aporte de azúcares fermentables. Para liberar estos azúcares es necesario que las enzimas ataquen directamente a la celulosa, sin embargo, la forma en la que están ordenados este y los demás compuestos presentes en la pared celular dificulta el acceso incluso a moléculas tan pequeñas como el agua.

Como solución a este inconveniente se han llevado a cabo diferentes investigaciones en torno a la degradación de esta matriz, a fin de facilitar el proceso de hidrólisis, dentro de estas investigaciones destacan los procesos de pretratamiento que emplean reactivos químicos como catalizadores, entre ellos, el ácido sulfúrico, hidróxido de sodio y peróxido de hidrógeno, siendo el hidróxido de sodio el reactivo químico que permite una mayor reducción de azúcares durante el pretratamiento de la biomasa. Sin embargo, a fin de evitar el empleo de reactivos que pudiesen resultar contaminantes, en el proyecto se seleccionó un pretratamiento hidrotérmico, el cual consiste en someter la materia lignocelulósica en mezcla con agua a ciertas condiciones de temperatura y presión, lo que provoca la explosión del tejido celular y la separación de sus componentes, aumentando así la accesibilidad de las enzimas a la celulosa y mejorando su descomposición.

A manera de resumen, los principales objetivos del proyecto constituyen el análisis de la viabilidad de empleo de la técnica de hidrólisis enzimática, como alternativa al tratamiento de biomasa residual de cáscara de piñón; la evaluación de las condiciones más adecuadas, a nivel de laboratorio, para las diferentes subetapas implicadas en este proceso; y, en última instancia, a fin de determinar la viabilidad técnico-económica de este proceso a escala industrial, el diseño y construcción de una planta piloto para la producción de etanol. Todo lo anterior se articula en el objetivo nacional de incrementar la investigación, el desarrollo, la innovación y la transferencia tecnológica en energía renovable.

El proyecto fue llevado a cabo en dos fases, la primera ejecutada entre 2017 y 2018, la cual consistió en la optimización de las condiciones de operación del pretratamiento, hidrólisis y fermentación a nivel de laboratorio, y la segunda, que se encuentra en ejecución desde inicios del presente año, que tiene que ver con la implementación de una planta prototipo para la determinación de la viabilidad técnico-económica del proceso a nivel industrial.

La primera fase se llevó a cabo mediante una metodología que contempló, en primera instancia, el aprovisionamiento del residuo mediante muestreo de la cáscara de piñón in situ. Las muestras recolectadas fueron caracterizadas física y químicamente, de acuerdo con métodos de análisis estandarizados para materiales lignocelulósicos (métodos propuestos por el National Renewable Energy Laboratory, EE.UU.); los principales ensayos llevados a cabo fueron el análisis del contenido de humedad, cenizas, extractivos, lignina ácido insoluble, lignina ácido soluble, celulosa y hemicelulosa. Posterior a la caracterización, se realizó el pretratamiento hidrotérmico de la biomasa, proceso luego del cual, a fin de determinar el grado de separación de los componentes estructurales alcanzado, se llevó a cabo la caracterización tanto del líquido como del sólido obtenidos. El material sólido de este proceso fue sometido a hidrólisis enzimática, a fin de liberar los azúcares presentes, principalmente, en la celulosa y hemicelulosa que componen la cáscara de piñón. Las mejores condiciones de pretratamiento e hidrólisis se seleccionaron a partir de los resultados del contenido de azúcares, obtenido luego del proceso de hidrólisis, en donde se evidenció la producción de azúcares en función de las condiciones aplicadas en el pretratamiento. Finalmente, se realizaron las fermentaciones en las que se evaluó la concentración óptima de levadura y el tiempo requerido para obtener el mayor rendimiento de alcohol.

Los resultados obtenidos de esta primera fase confirmaron la viabilidad técnica del proceso de hidrólisis enzimática, como alternativa al tratamiento de biomasa residual de cáscara de piñón. De manera general, se determinó que el pretratamiento hidrotérmico mejora la conversión de celulosa a etanol, esto debido al aumento del porcentaje de celulosa libre en el sólido pretratado a medida que se incrementó la temperatura del proceso; sin embargo, esta tendencia se mantuvo hasta una temperatura máxima, luego de la cual se produjo la carbonización de la materia.

De los resultados obtenidos del proceso de hidrólisis, se pudo concluir que se obtiene una mayor conversión de celulosa a glucosa a partir del sólido pretratado con mayor porcentaje de celulosa libre, pero, más allá de eso, es importante mencionar que se evidenció un mayor rendimiento de conversión para el proceso que, llevado a cabo a una misma temperatura, tuvo un mayor tiempo de residencia en el reactor, lo cual mostró que el pretratamiento no solo permitió la liberación de celulosa, sino también modificó su cristalinidad, mejorando notablemente el proceso de hidrólisis.

Finalmente, los resultados de fermentación mostraron una concentración superior a la teóricamente esperada, esto debido a que durante este proceso se logró no solo la conversión de la glucosa, sino también de los otros azúcares producidos en la hidrólisis (xilosa, arabinosa, celobiosa, etc.), los cuales aportaron con el rendimiento final de etanol.

La metodología de la segunda fase, actualmente en ejecución, contemplará, en primera instancia, el diseño del proceso de obtención de bioetanol a escala piloto, a partir del cual se establecerán todos los requerimientos para la construcción de la planta. Una vez construida e instalada, se llevarán a cabo pruebas preliminares de laboratorio para evaluación del correcto funcionamiento de la misma. Posteriormente, una vez puesta en marcha la planta piloto, se validará el esquema de obtención de etanol a partir de la cáscara de piñón, determinado a partir de los resultados de la primera fase, luego de lo cual, se realizará el ajuste necesario de las condiciones de operación para optimizar el rendimiento de etanol a escala piloto. En síntesis, de esta segunda fase se espera obtener las condiciones óptimas de cada subetapa que permitan maximizar la obtención de etanol a escala piloto, a partir de cáscara de piñón.

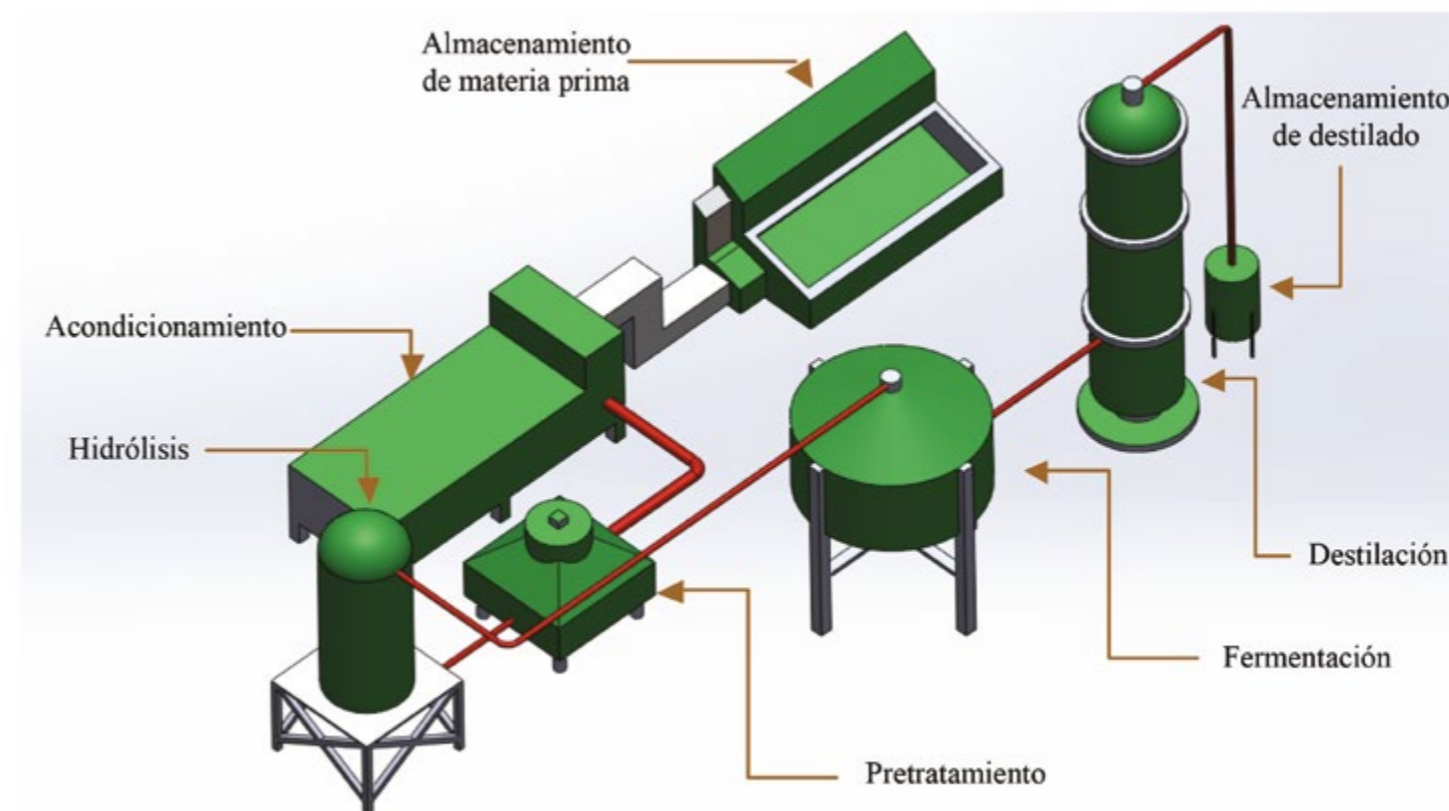


Figura 3: Esquema simplificado del proceso de obtención de bioetanol a partir de cáscara de piñón. Fuente: IIGE.

Equipo y actores involucrados

Las instituciones involucradas en la ejecución del proyecto son: el IIGE, desde donde surgió la idea del proyecto, y el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), el cual es un organismo público de investigación adscrito al Ministerio de Ciencia e Innovación de España, que tiene como misión promover e implementar proyectos de investigación, innovación y desarrollo tecnológico en el área de la energía.

A modo de reseña, la trayectoria investigativa del IIGE en las áreas de eficiencia energética y energía renovable incluye 29 proyectos, de los cuales, cinco han sido ejecutados en el área específica de biomasa:

1. “Implementación de Laboratorio para Termovalorización de biomasa y residuos sólidos urbanos”.
2. “Estudio de alternativas para el aprovechamiento energético de biomasa residual del proyecto Piñón para Galápagos”.
3. “Modelo Cinético e Implementación de Reactor Piloto para Cogasificación de residuos sólidos y carbón vegetal para producción de combustibles”.
4. “Producción de Hidrógeno a partir de la biomasa procedente de los residuos de la planta de banano, mediante gasificación catalítica en agua a temperatura supercrítica”.
5. “Estudio de Aprovechamiento del Excedente Eléctrico del Sistema Nacional Interconectado (SNI) mediante procesos termoquímicos, como alternativa de almacenamiento de energía de larga duración”.

Adicionalmente, el Instituto ha llevado a cabo evaluaciones preliminares sobre “Captura de carbono a partir de emisiones de plantas termoeléctricas para producción de biocombustibles con fotobiorreactores de *Chlorella Sp*” y “Producción de biogás, a partir de biodigestión anaerobia”.

Con respecto a la construcción de plantas prototipo, el IIGE cuenta con experiencia en la implementación de dos plantas de aprovechamiento de residuos, hasta la fecha; una planta de gasificación para procesamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos para obtener combustible líquido y una planta piloto de pirólisis para procesamiento de residuos agroindustriales, con el fin de obtener combustible sólido y bio-oil.

Por su parte, el CIEMAT cuenta con un Departamento de Energías Renovables, cuyo objetivo es realizar proyectos de I+D en el área de las energías renovables, tanto para la evaluación de los recursos como para el desarrollo de tecnologías de conversión y aprovechamiento. Este departamento cuenta con un equipo de trabajo dedicado a la línea de investigación de biocombustibles líquidos, específicamente, en el área de aprovechamiento de biomasa lignocelulósica con fines energéticos, mediante procesos biotecnológicos de una manera eficiente y de bajo costo, posibilitando que estos procesos puedan ser adoptados por la industria, lo cual le otorga una amplia experiencia en el campo de estudio de este proyecto.

El equipo de investigación está compuesto por científicos de ambas instituciones (químicos analíticos, bioquímicos y microbiólogos), especializados en las diferentes áreas involucradas en el proceso de conversión de lignocelulosa en etanol. Por su parte, los agricultores de la provincia de Manabí constituyen actores indirectos, dado que, en la actualidad, se impulsa el cultivo de piñón para producción de aceite en dicha provincia.

Aplicabilidad de los resultados de la investigación

Si bien el comercio de biocombustibles a nivel internacional no ha probado ser una actividad consolidada, bajo las condiciones actuales, la producción a nivel local para autoabastecimiento ha evidenciado resultados favorables en varios países. En este sentido, considerando la gran disponibilidad en Ecuador de este tipo de residuos y al ser un país con gran nivel de producción agrícola, la aplicabilidad de los resultados obtenidos en el proyecto no solo se limitaría al aprovechamiento de los residuos de la cáscara de piñón, sino también podría ser extendida a diferentes tipos de residuos lignocelulósicos, incrementando el potencial de aprovechamiento de residuos en el país. Tomando en cuenta que se pretende aprovechar residuos que poseen un alto valor energético, que, hoy en día, están siendo desechados sin aprovechamiento alguno de sus propiedades, el proyecto constituiría una alternativa eficiente para su disposición final.

Otro aspecto a destacar es la generación de resultados aplicables en el aspecto científico, socio económico y ambiental; con respecto al aspecto científico, el impacto se encuentra en el diseño de procesos para la utilización de materiales lignocelulósicos con fines de producción energética y la transferencia de conocimiento, mediante convenios específicos con institutos de otros países en la región o a través de redes de investigadores de sostenibilidad energética, en donde investigadores en el campo de las energías renovables y la eficiencia energética puedan intercambiar experiencias, conocimiento y desarrollar proyectos en conjunto. De la misma manera, la publicación de los resultados obtenidos permitirá un incremento de la participación del país con respecto a la producción científica a nivel mundial.

En lo referente al impacto socioeconómico, se debe considerar que, el cultivo de esta planta representa una alternativa de desarrollo económico rural campesino para los productores de

la provincia de Manabí; por tanto, el otorgar un valor agregado a los residuos del proceso de extracción, aporta a la sostenibilidad de la cadena productiva. Esto se vería además reforzado por la compra actual de etanol por parte del Estado para la producción de gasolina Ecopaís. En efecto, el impacto del proyecto en este aspecto es el de incentivar el aprovechamiento del desecho del piñón por parte de la industria y de la sociedad, en especial en la provincia de Manabí, considerándolo como una materia prima para la generación de combustibles de segunda generación.

En el aspecto ambiental, el uso de residuos lignocelulósicos en lugar de combustibles fósiles para cubrir las necesidades energéticas implica una reducción de la adición neta de CO₂ a la atmósfera. Adicionalmente, el proyecto conlleva de manera indirecta la reducción de los contaminantes de escape de los vehículos, esto debido a que la adición de etanol a los combustibles promueve una combustión más eficiente, disminuyendo así las emisiones de monóxido de carbono.

Es importante destacar que, en el año 2017, el proyecto recibió el premio como ganador en la categoría de Administraciones Públicas, en el evento “II Premios a la Cooperación Energética Internacional”, el cual reconoce las iniciativas más destacadas en cooperación energética internacional implementadas por empresas, administraciones públicas y tercer sector que demuestren un compromiso activo en la materia de la universalización energética, este evento fue llevado a cabo por Iberdrola y el Club de Excelencia en Sostenibilidad, con la colaboración del Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación de España.



Referencias Bibliográficas:

- Abril, A., & Navarro, E. (2012). Redalyc. Obtención de etanol a partir de biomasa lignocelulósica (Vol. 46).
- Bidlack, J., Malonge, M., & Benson, R. (1992). Molecular structure and component integration of secondary cell walls in plants. Oklahoma. Academy of Science 72, 51-56.
- Brittaine, R., y Lutaladio, N. (2010). Jatropha: A Smallholder Bioenergy Crop the Potential for Pro-Poor Development Jatropha: A Smallholder. Integrated Crop Management, 8. Obtenido de: <http://www.fao.org/docrep/012/i1219e/i1219e.pdf>.
- Chen, R., Wang, Y. Z., Liao, Q., Zhu, X., & Xu, T. F. (2013). Hydrolysates of lignocellulosic materials for biohydrogen production. BMB Reports, 46(5), 244-251. <https://doi.org/10.5483/BMBRep.2013.46.5.038>
- Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, (2017). Balance Energético 2017. Obtenido de: <https://drive.google.com/file/d/1zynbCqWALTmItZSRcctjRQ3QZABio6Dz/view>.
- Recalde, P. (2016). Sistematización de la Experiencia: Producción de Aceite de Piñón para Plan Piloto de Generación Eléctrica en Galápagos. Obtenido de: <http://www.iica-ecuador.org/pinon/archivos/SISTEMATIZACION%20PROYECTO%20PIÑON%20Dic-2015.pdf>



Fotografía 1: Integrantes de la Unidad de Biocarburantes del CIEMAT.

EXPERIENCIAS

Colaboración entre el IIGE y CIEMAT en la Producción de Bioetanol a partir de residuos lignocelulósicos

Ignacio Ballesteros Perdices

Científico Titular de Organismos Públicos de Investigación, Unidad de Biocarburantes del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT)

La Unidad de Biocarburantes del CIEMAT ha colaborado con el grupo de Biomasa del Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE) en la implementación de una nueva línea de investigación, dentro de las actividades del Instituto en el aprovechamiento de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y de la Biomasa.

El Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) es un Organismo Público de Investigación adscrito al Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades que tiene como misión promover y llevar a cabo proyectos de investigación, innovación y desarrollo tecnológico y servicios técnicos en el campo de la energía, con el objetivo de conseguir la incorporación de las tecnologías energéticas en la sociedad de la manera más rentable posible y con el mínimo impacto ambiental.

La Unidad de Biocarburantes tiene como finalidad el desarrollo de proyectos de I+D en el área de aprovechamiento de la biomasa con fines energéticos, mediante procesos biotecnológicos de una manera eficiente y a bajo costo. Las actividades en este ámbito comprenden diversos desarrollos tecnológicos avanzados en las diferentes etapas del proceso de transformación de la biomasa, como son el pretratamiento, mediante procesos hidrotérmicos y termomecánicos; la hidrólisis de los carbohidratos, por medio del uso de catalizadores biológicos; y la fermentación, mediante microorganismos de los azúcares producidos en la etapa de hidrólisis.

Los logros alcanzados en esta área permiten abordar la utilización de la biomasa lignocelulósica desde una perspectiva más amplia, donde las plantas de procesamiento se contemplan como biorrefinerías, a partir de las cuales se obtienen biocombustibles líquidos, tales como el bioetanol, y otros compuestos de potencial interés para su transferencia a la industria, todo esto mediante la revalorización integral de las distintas fracciones de la biomasa.

El grupo de investigación es multidisciplinar y está integrado por científicos especializados en diferentes áreas involucradas en la biotecnología para la conversión de la biomasa a diferentes bioproductos.

En septiembre de 2015, la AECID solicitó la colaboración de un experto del CIEMAT en el desarrollo de proyectos de investigación en Energías Renovables, concretamente, en los procesos de producción de bioetanol a partir de biomasa lignocelulósica. El objetivo de dicha colaboración era fomentar la investigación científica y tecnológica en el campo de los biocarburantes, a través la creación de una nueva línea de investigación en el grupo de Biomasa del IIGE. Por tal razón, el CIEMAT seleccionó a la Unidad de Biocarburantes dentro de los Grupos de Investigación de la División de Energías Renovables para colaborar con la AECID y el IIGE en el desarrollo de esta novedosa línea de investigación.

A finales de ese año, un investigador de dicha Unidad realizó una estancia en el IIGE donde visitó sus instalaciones y mantuvo reuniones de trabajo con el personal investigador del grupo de Biomasa del IIGE. Estos encuentros sirvieron de base para la preparación de una propuesta de investigación: “Estudio de la viabilidad de producción de Bioetanol a partir de la hidrólisis enzimática de la cáscara de la semilla de *Jatropha curcas*”, proyecto financiado por la AECID.

En noviembre de 2016, el IIGE y el CIEMAT firmaron un Convenio Marco de Colaboración, de cuatro años de duración, donde se establecieron las bases para la realización de proyectos conjuntos de actividades de investigación científica, formación, difusión de conocimientos y transferencia de tecnología en las áreas de Energías Renovables, Eficiencia Energética y Medioambiente.

A lo largo de 2017 y 2018, los grupos de Biomasa del IIGE y la Unidad de Biocarburantes del CIEMAT colaboraron en el desarrollo de la Tecnología de producción de Bioetanol, a partir del residuo de la cáscara de *Jatropha curcas*. En diciembre de 2018, esta cooperación quedó reflejada en la firma de un Convenio Específico de Colaboración entre el CIEMAT y el IIGE para la realización conjunta del proyecto de investigación antes mencionado.

Las actividades desarrolladas por el CIEMAT en este acuerdo fueron la transferencia de conocimientos y el asesoramiento técnico en el desarrollo de los procesos de producción de bioetanol de segunda

generación. Además, se formó a personal del IIGE en técnicas analíticas específicas para la biomasa lignocelulósica y en las etapas requeridas para la producción de bioetanol a partir de esta biomasa, como son la etapa de fraccionamiento, de hidrólisis enzimática y de fermentación (Figura 1). Esta formación se realizó en las instalaciones del CIEMAT. También se colaboró en el análisis de resultados obtenidos en el trabajo de investigación desarrollado por el IIGE.

Nuestra experiencia en estos últimos años de gratificante compromiso con lo que nos apasiona, nos ha permitido comprobar que la cooperación y el trabajo en equipo son piezas clave en la investigación, el desarrollo y la innovación durante la realización de proyectos de investigación. Sin duda, la colaboración mutua y el valioso aporte que cada uno pueda ofrecer son herramientas idóneas para mejorar notablemente el sector científico en el Ecuador.

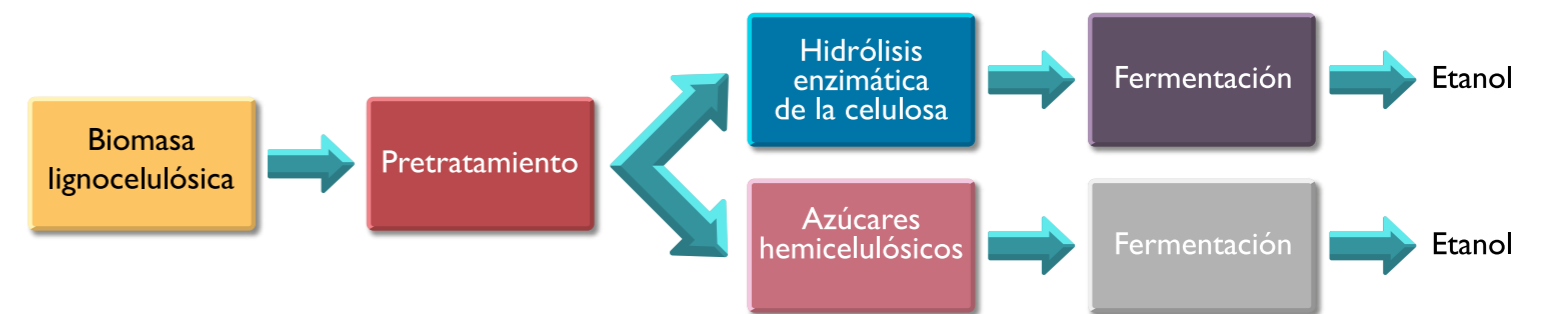


Figura 1.- Esquema del proceso de producción de etanol a partir de biomasa lignocelulósica.



CAPÍTULO 4

Investigando para la vida

El siglo de la biología: retos y logros de la
Universidad Regional Amazónica Ikiam
en el estudio de la vida

Pablo Jarrín-V.
Miguel Herrera Robledo
Universidad Regional Amazónica Ikiam

Por su alta biodiversidad, Ecuador es un país clave para la investigación en ciencias de la vida. Bajo criterios de conservación y exploración, la Universidad Regional Amazónica Ikiam ha impulsado diversas investigaciones con apoyo de la Cooperación Española.



“Si el siglo XX fue el siglo de la física, el siglo XXI será el siglo de la biología”

Craig Venter y Daniel Cohen, 2014.

La Universidad Regional Amazónica Ikiam forma parte integral del sistema de educación superior del Ecuador. Sus aportes al conocimiento, la ciencia y tecnología son contribuciones para el país y el mundo y, de continuar su desarrollo, con seguridad alcanzará la necesaria trascendencia para ser una institución que sea ejemplo e inspiración para la región amazónica, Ecuador y el mundo.

La biotecnología ha transformado a la biodiversidad en riqueza potencial, que para el caso de Ecuador es de considerable magnitud. Es decir, la riqueza biológica del país representa potenciales beneficios económicos, sociales y tecnológicos. Pero esto solo puede ser posible con un esfuerzo sostenido para desarrollar una cultura nacional de conocimiento y desarrollo científico y tecnológico, que trascienda fronteras y sea competitiva.

La conservación de los recursos naturales se hace eficaz cuando la sociedad supera un umbral mínimo de pobreza y subdesarrollo. Así el uso inteligente de los recursos naturales, a través de productos tecnológicos con valor agregado, podría revertir las tendencias actuales de degradación y destrucción de la naturaleza. Sin duda, el esfuerzo para lograr un cambio de matriz productiva que aproveche nuestros recursos biológicos debe enmarcarse principalmente en los aspectos económicos, tecnológicos y socioculturales.

La crisis ambiental y pérdida de biodiversidad planetaria en su magnitud y efecto para la supervivencia de nuestra civilización, ha sido comparada con un sexto evento de extinción masiva *Barnosky et al. (2011)*. Las tasas de extinción actuales para muchos grupos de organismos se estiman son cien a mil veces más altas que la base observada en el registro fósil de la historia biológica del planeta (*Pergams y Zaradic 2008*). Sin embargo,

las sociedades humanas, su bienestar, salud y economía dependen de los bienes y servicios que provee la naturaleza, en la forma de alimentos, materiales y medicinas (*Chivian y Bernstein 2008*).

El pasado 22 de Mayo se celebró el día internacional de la “Biodiversidad Biológica”, que conmemora la firma por parte de 193 países del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB). Este tratado internacional, jurídicamente vinculante, tiene como objetivo proteger la riqueza natural de nuestro planeta y guiar su utilización de forma responsable, procurando el bienestar de generaciones futuras. Sin embargo, los retos y dificultades por defender lo que queda del mundo natural son significativos, incluyendo la posibilidad de incumplir con varios compromisos del CDB como es la meta 19 *Wilson et al. (2016)*, que dice: “Para el 2020, se habrá avanzado en los conocimientos, la base científica y las tecnologías requeridas a la diversidad biológica, sus valores y funcionamiento, su estado y tendencias y las consecuencias de su pérdida, y tales conocimientos y tecnologías serán ampliamente compartidos, transferidos y aplicados” (CBD 2010).

En un reciente análisis, *Wilson et al., (2016)* determinan la necesidad urgente de fortalecer la capacidad humana para la investigación en aquellos países donde la conservación de los recursos naturales es más necesitada. Del estudio mencionado, la conclusión es que en los países donde se requiera proteger los recursos naturales de forma urgente es donde también existe una notable ausencia de generación de conocimiento. Ecuador encabeza la lista de países categorizados como más biodiversos; sin embargo, participa tan solo del 0.6% de un total de 7.593 publicaciones científicas y divulgadas entre los años 2014 y 2016 en temas de conservación, ciencias ambientales, ecología y diversidad. En esta fracción de publicaciones, 22% de los autores involucrados pertenecen a instituciones del Ecuador. Por lo tanto, se evidencia una exigua participación de ciudadanos ecuatorianos en la producción de conocimiento sobre diversidad biológica, su uso y conservación.

Es decir, sobre la riqueza, protección y usos de la biodiversidad se publica poco en este país. Peor aún, cuando se difunde algún artículo científico referente a la biodiversidad ecuatoriana, este suele carecer de la participación de los mismos ciudadanos. El problema es causa de la reducida capacidad local para realizar investigación científica, limitaciones en financiamiento e infraestructura inadecuada Barber *et al.* (2014).

Ecuador como país megabiobiodiverso Myers *et al.* (2000), es un actor menor en la generación de información científica sobre la vida y permanece al margen del diálogo mundial sobre su protección y aprovechamiento. Por eso, resulta contradictorio que sea parte de las naciones que, en su territorio, han desarrollado culturas con conocimientos tradicionales sobre el uso de especies vegetales y animales que, a través de la necesaria investigación científica, podrían ser usadas en favor de la salud, nutrición y economía de la nación. Pero que, sin embargo, por situaciones históricas y dificultades económicas y sociales, la población ecuatoriana no ha logrado utilizar la vasta información sobre la vida, que resulta ser tan rica y diversa en su territorio.

Por otro lado, la brecha tecnológica en el estudio de la vida y que separa al Ecuador con las naciones desarrolladas es considerable. Los editores y escritores de la revista Science, junto a la votación de más de 10.000 personas interesadas en ciencia, eligieron como descubrimiento científico más importante del año 2018 a una técnica conocida como secuenciación de RNA de célula individual (single-cell RNA-seq). Gracias a esta tecnología, fusión del poder de las computadoras y la elegancia de la bioquímica, el desarrollo y función de las células de un organismo pueden ser analizados minuto a minuto, mediante la lectura masiva del genoma. Así resulta posible entender el programa por el cual cada uno de los miles de genes que están involucrados en la construcción de un organismo interactúan, se encienden y apagan. Esta tecnología promete revolucionar la medicina, industrias de producción de alimentos y modificar la vida hacia límites insospechados.

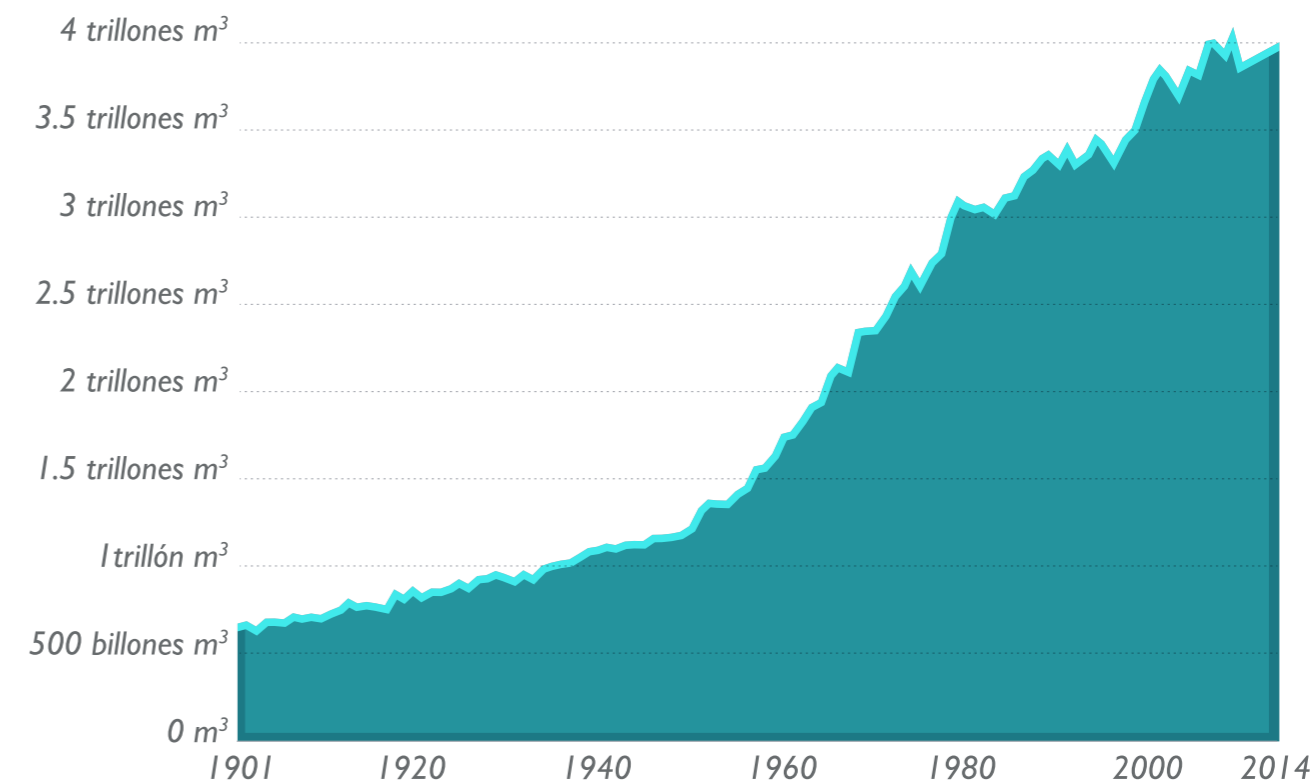
Otros estudios escogidos como finalistas por dicha revista incluyen el uso de moléculas capaces de silenciar la expresión de genes asociados con enfermedades catastróficas y el mecanismo por el que las moléculas biológicas se autoorganizan en sistemas capaces de gobernar la expresión de ADN, proteínas y funciones biológicas. Hoy, existen tecnologías que permiten avizorar un futuro donde podremos manipular la estructura y función de la vida en formas sorprendentes, alcanzando así la transformación radical de las economías y las relaciones entre naciones, e incluso alterar el concepto de lo que entendemos por “vida”. Estas tecnologías están fuera del alcance del Ecuador, país que aún permanece al margen del uso esencial de productos elaborados a partir de la riqueza biológica que dispone.

En este país, estudiar la vida es la posibilidad de reducir una dilatada brecha tecnológica con otras regiones del mundo y, al mismo tiempo, generar conocimiento para otorgar valor e importancia a recursos naturales, bajo considerable peligro de extinción. Es entonces indispensable el aporte de actores fundamentales para el desarrollo, que incluye a los gobiernos centrales, al sector privado, las instituciones académicas y científicas, y el apoyo de la cooperación internacional.

Un aspecto de particular relevancia para el futuro ambiental del mundo es la protección de los recursos hídricos. Tras doscientos años de revolución industrial, nuestro uso del agua dulce a nivel planetario es intensivo. Existen regiones como Sur América que guardan en su territorio grandes riquezas hídricas, pero aún existen poblaciones rurales sin acceso óptimo a este importante recurso natural (Fig. 1A-C). El proyecto que describe Miguel Herrera a continuación, apoyado por AECID, propone no solo afianzar un frente biotecnológico en el estudio de las cargas virales de los recursos hídricos en Ecuador, sino desarrollar tecnologías que permitan acceso a agua potable por poblaciones rurales, en particular aquellas de la región amazónica.

A) Uso global del agua a largo plazo

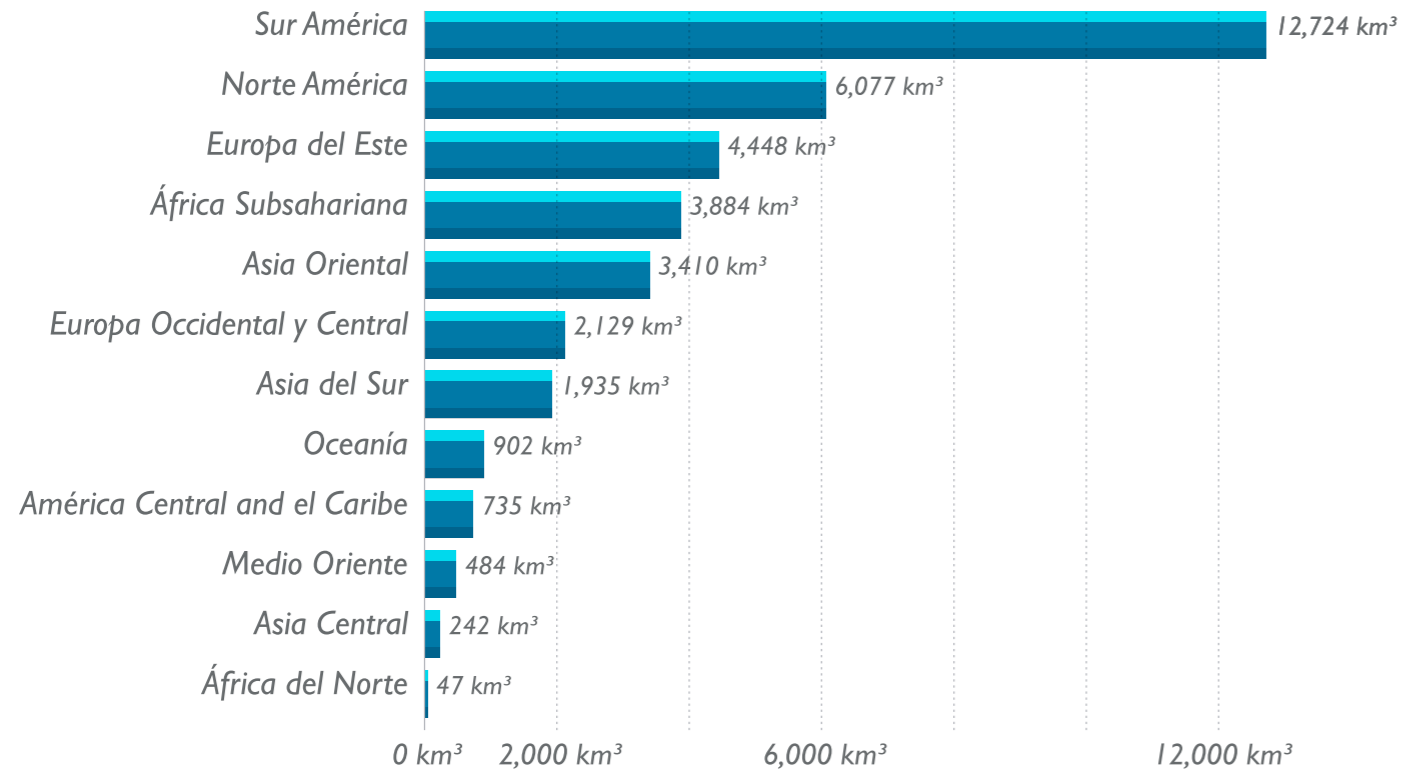
Utilización global del agua para agricultura, industria y usos domésticos desde 1900, medido en metros cúbicos.



Fuente: Programa Internacional para la Geosfera-Biosfera (GB)

Figura 1A. Algunos aspectos de la relevancia mundial de los recursos hídricos. El uso exponencialmente masivo del agua dulce a lo largo del último siglo. Figura modificada de Hanna Ritchie y Max Roser (2019) – “Water Use and Sanitation”. Our World in Data, ourworldindata.org, bajo licencia CC BY.

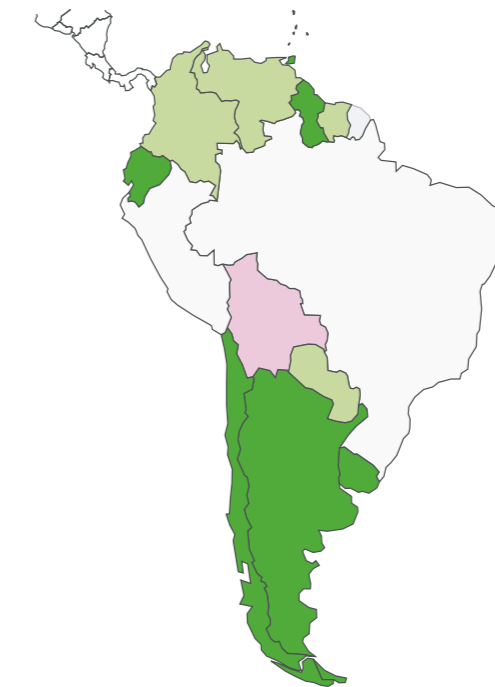
B) Recursos internos de agua dulce renovables por región, 2015
 Recursos internos de agua dulce renovables se refieren a la cantidad de agua dulce de cuencas hidrográficas y acuíferos.



Fuente: Recursos hídricos por continente - FAO AQUASTAT

Figura 1B. Algunos aspectos de la relevancia mundial de los recursos hídricos. América del Sur es una región de fundamental importancia como reservorio de recursos hídricos para el mundo. Figura modificada de Hanna Ritchie y Max Roser (2019) – “Water Use and Sanitation”. Our World in Data, ourworldindata.org, bajo licencia CCBY.

C) Proporción de población rural con instalaciones sanitarias mejoradas, 2015
 Las facilidades sanitarias pueden mejorar la separación higiénica de excreciones humanas del contacto humano. Estas incluyen descargas (a sistemas entubados, tanques sépticos, letrinas), letrinas ventiladas, letrinas de pozo y losa e inodoro de compost.



Fuente: Banco Mundial -WDI

Figura 1C. Algunos aspectos de la relevancia mundial de los recursos hídricos. Al año 2015, Ecuador aún posee una quinta parte de su población rural sin acceso a servicios sanitarios modernos, incluyendo acceso a agua potable de calidad. Figura modificada de Hanna Ritchie y Max Roser (2019) – “Water Use and Sanitation”. Our World in Data, ourworldindata.org, bajo licencia CCBY.



Figura 2. Estrategia original de la investigación (Agosto, 2016) con algunas inserciones. Los símbolos “felices” representan las metas cumplidas. Entre las metas que no se cumplieron completamente (símbolos de restricción) se indica que no se desarrolló un centro virtual y que, en su lugar, se construyeron instalaciones experimentales (bioreactores) para comenzar a estudiar viromas en lodos.

#VirEzone: Explorando el viroma de los sistemas fluviales de la Amazonía Ecuatoriana

1. Origen de la investigación e impacto en el desarrollo del país

– El proyecto AECID-Ikiam “Recolectores de Fagos: Programa de introducción a la investigación de campo (Virología)”, como semilla para una colaboración internacional.

Entre los objetivos que formaban parte del plan de trabajo para el semestre lectivo Octubre 2015–Febrero 2016, se encontraba el siguiente: “Construir un plan de investigación para estudiantes de pregrado con foco en virología”. Las razones principales que motivaban el desarrollo de un plan de estas características eran dos: el primero, el potencial extraordinario de diversidad viral en la zona de uso exclusivo de la Universidad Regional Amazónica (URAI); y el segundo, la realidad de que esta asignatura, la virología, no figuraba en los planes de estudio de las carreras que se impartían en la URAI.

Después de haber operado de manera informal durante dos semestres, el programa “Recolectores de Fagos”, fue sometido a evaluación internacional para obtener fondos y continuar su operación. Para entonces, se había sumado como colaborador al Dr. Francisco Rodríguez Valera, catedrático del Departamento de Microbiología de la Universidad Miguel Hernández (Campus San Juan), quien fue co-autor, junto con el Dr. Miguel Herrera Robledo, de la propuesta “Recolectores de Fagos– Programa de Introducción a la investigación de campo (virología)”, la cual obtuvo € 23 000 de financiamiento de los fondos de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID).

– La formación de cuadros estudiantiles en virología, a través de una cátedra complementaria de carácter lúdico.

Con la finalidad de volver medible el avance de los alumnos afiliados al programa, se decidió que su avance fuera visible de acuerdo a un código de cintas de colores (tipo Karate). La obtención de las cintas-grado (al igual que en las Artes Marciales), dependía de la habilidad del estudiante para defender en público un documento creado ex profeso para demostrar su avance.

Los mejores documentos de avance –relacionados con cuatro recolectores cintas cafés, que incluyeron la construcción de un plan de investigación original asesorado por profesores–, fueron desarrollados con foco en el tema de virología de sistemas fluviales. Estos trabajos exploratorios, así como las contribuciones de los estudiantes de posgrado del grupo del Dr. Francisco Rodríguez, fueron tomados como base para escribir y desarrollar el texto “VirEzone: Explorando los sistemas fluviales de la Amazonía Ecuatoriana” (Octubre, 2017), que actualmente constituye uno de los pilares de un proyecto de colaboración en salud patrocinado (Proyecto Hi Water, que ganó patrocinio del proyecto EU LAC Health).

2. Explicación del contexto en donde se enmarca la investigación

– El Viroma asociado a sistemas fluviales se encuentra escasamente reportado.

– En la región existen estudios de sistemas fluviales tributarios al Amazonas en Brasil y Perú. El año pasado fue descrito el Viroma de un río urbano de Quito.

Los virus son las entidades biológicas más pequeñas y numerosas que pueblan los sistemas acuáticos, siendo los más abundantes aquellos que infectan bacterias, también conocidos como bacteriófagos (o Fagos). Pese a que se conoce que la

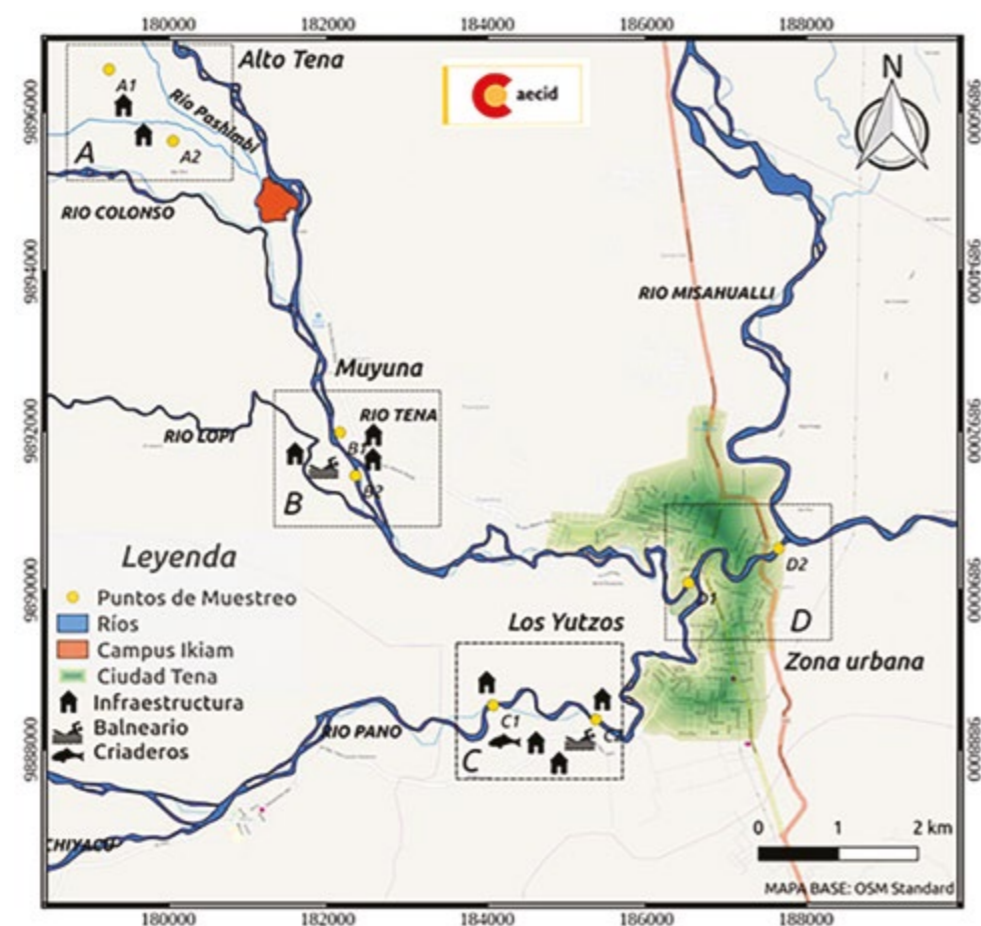


Figura 3. Mapa del área de estudio del proyecto #VirEzone en la zona metropolitana de Tena. Diseño: Lissette Díaz.

concentración de virus en sistemas acuáticos oscila entre 10^4 – 10^8 ml⁻¹ y que su concentración es, por lo general, mayor en sistemas fluviales y lagunas que en agua marina; la diversidad y estructura de los ensamblajes virales presentes en sistemas fluviales se encuentran pobremente descritos (Peduzzi, 2016).

El caso del río Amazonas y de sus afluentes no es la excepción, es decir, se encuentra insuficientemente reportada y constituye el leitmotiv (motivo) de investigaciones en curso en varios continentes. Algunos de estos estudios se han enfocado en la identificación de los grupos taxonómicos del viroma a lo largo del segmento brasileño del río Amazonas Sabramanian et al. (2007); Moura et al. (2016); Campos et al. (2014); Silva et al. (2017). El estudio con mayor profundidad y alcance geográfico se centró en la identificación de ensamblajes virales en 12 zonas de influencia en el río (5 ubicadas agua adentro del río y 7 en la “pluma” que se forma al mezclarse con el mar) y cubrió más de 2.000 km de longitud Silva et al. (2017).

La cantidad de agua y sedimentos que fluyen desde los Andes hasta el Río Amazonas impactan al océano Atlántico. Se ha estimado que, cada segundo, la cuenca del río Amazonas descarga al océano Atlántico cerca de 175 000 m³ Moura et al. (2016). Este volumen que constituye cerca del 20% de las descargas globales de agua dulce al mar. La descarga al mar de la cuenca del Amazonas forma una capa de agua conocida como pluma, que abarca más de 1.3 millones de km² (¡la superficie de Colombia!), en épocas de monzón.

Los bosques y humedales que rodean a esta cuenca enriquecen con materia orgánica natural (NOM), sedimentos y microbiota a la misma. Aunque una porción de NOM es mineralizada por acción de la cadena trófica a lo largo del sistema fluvial, importantes cantidades de esta alcanzan la zona de transición entre el Amazonas y el Atlántico Silva et al. (2017). Se ha estimado que la cuenca del río Amazonas, anualmente, transfiere 28 millones de toneladas de carbono al Atlántico, situación que, sin duda, influye sobre las propiedades fisicoquímicas de esa zona del Atlántico, en cuyo fondo subyace un sistema biológico

de “hundimiento” de carbono: un extenso sistema coralino (~9500 km²) construido por cientos de miles de animales bénticos, plantas y microorganismos capaces de mineralizar carbonatos, debido a las condiciones fisicoquímicas imperantes en la zona de transición entre el Amazonas y el Atlántico, entre las que sobresalen: ↓ (menor) salinidad; ↑ (mayor) acidez; ↓ zona fótica; ↑ tasa de sedimentación; ↑ disponibilidad de nutrientes Moura et al. (2016).

A pesar de que se han realizado algunos estudios sobre la diversidad microbiana en sistemas fluviales que forman parte de la cuenca del Amazonas Campos et al. (2014); Silva et al. (2017), estos se encuentran restringidos a un límite geográfico-político (la zona amazónica de Brasil o “Amazonía Oriental”), por lo tanto, no consideran la contribución de cambios en la microbiota inducidos por actividades humanas e industriales en zonas ubicadas en corriente arriba (Por ejemplo, la zona metropolitana de Quito, Guerrero – Latorre et al. (2018) o bien con cauce en la “Amazonía Occidental” (i.e. Zona metropolitana de Tena).

3. Objetivos, metodologías, fases de la investigación y resultados esperados

Cuatro estudiantes de la primera generación en Ingeniería en Biotecnología de la URAI diseñaron cuatro planes de investigación de tesis (PiT), cuyo foco principal fue: “Explorar el impacto de las actividades humanas de la zona metropolitana de la ciudad de Tena, sobre la ecología microbiana de los ríos Tena y Pano, que atraviesan la misma”.

Las metodologías que los PiT contemplan para la adquisición de información de los sistemas fluviales, se pueden clasificar en tres bloques:

- (1) Caracterización Fisicoquímica: Se enfoca en la identificación de la naturaleza de los sólidos presentes en el agua, ya que estos pueden ser volátiles (orgánicos), fijos (inorgánicos) y

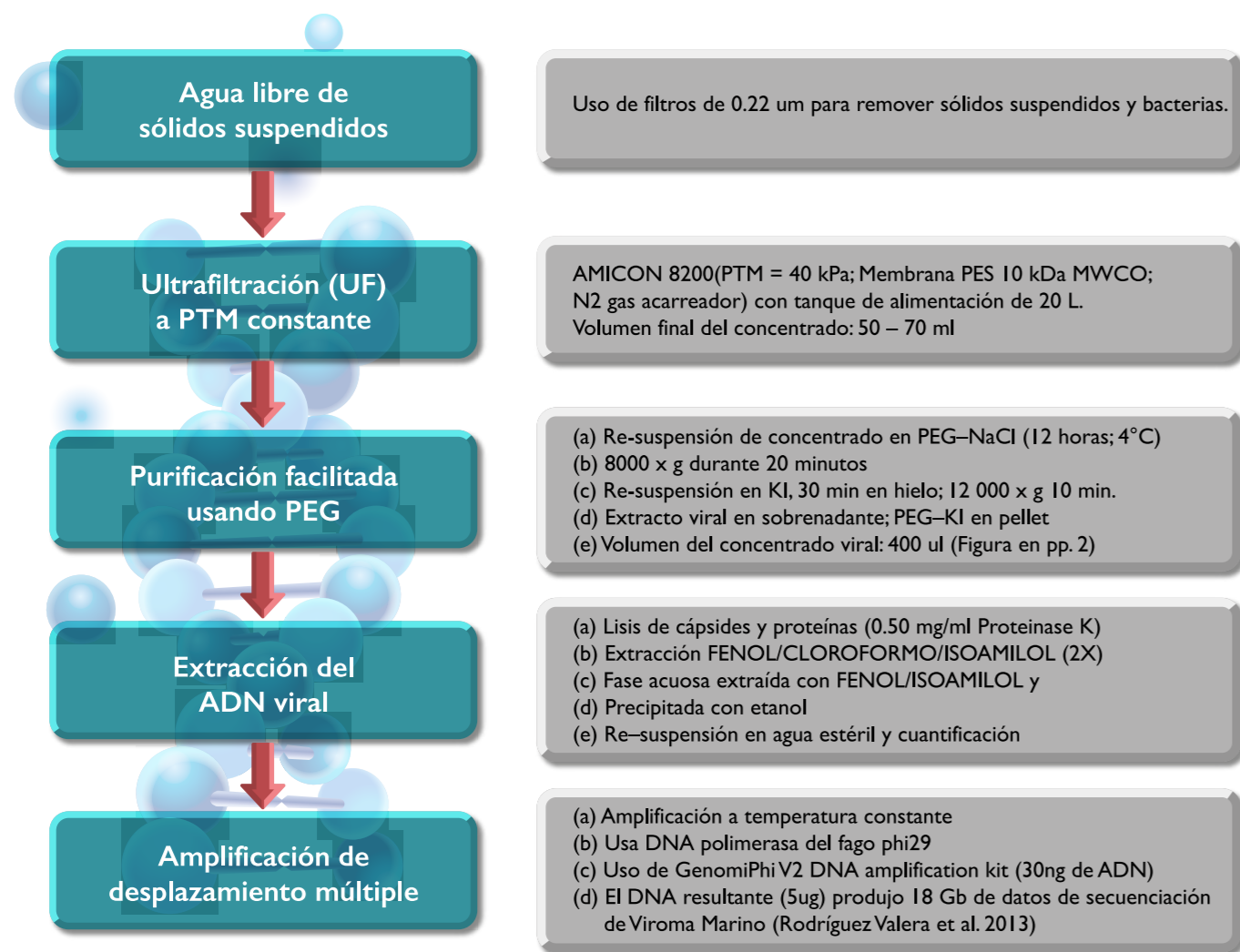


Figura 4: Metodología VIRADEL para la identificación de los fragmentos virales a partir de cuerpos de agua. Esta metodología es utilizada de manera rutinaria en el laboratorio del Dr. Francisco Rodríguez Valera (co-autor del proyecto “Recolectores de Fagos”), quien estudia el viroma del mar mediterráneo frente a las costas de Alicante.

totales (suma de ambos). Asimismo, permite la identificación de las condiciones de acidez imperantes (pH), conductividad, entre otros indicadores del estado de salud de los sistemas de estudio.

(2)Caracterización microbiológica: Comprende la aplicación de técnicas dependientes e independientes de cultivo (uso de sondas moleculares) que conduzcan a la identificación de microorganismos asociados a determinadas matrices acuáticas. Mención especial requiere la identificación de virus, a través del método VIRADEL (Virus adsorption and elution) y de la polimerasa del fago PHI29. Esta técnica será aplicada, por primera vez, en la región para la identificación del viroma de los ríos Pano y Tena. Cabe mencionar que para la amplificación de los fragmentos virales se utilizará un método de amplificación no convencional, es decir, una elongación a temperatura constante (Figura 4).

(3)Distribución espacial de contaminantes: Una vez documentadas las concentraciones típicas de nutrientes, contaminantes y otros sólidos en diferentes zonas de los sistemas fluviales, se realizarán análisis de distribución y acumulación de nutrientes, mediante estadística superior. Estos análisis permitirán identificar el destino y las interacciones que tanto microorganismos como sólidos abióticos experimentan al transitar por un sistema fluvial. De igual manera, estos datos podrían funcionar como base para el modelado matemático de ciclos globales de elementos.

Entre los resultados que se esperan, se encuentran los siguientes:

- Identificación de las condiciones fisicoquímicas imperantes en dos ríos urbanos.
- Identificación de los microorganismos (virus, bacterias, protozoarios) asociados a cuerpos de agua y sedimentos de ríos.
- Correlaciones empíricas entre concentraciones de nutrientes, zonas de estudio y caudales de las corrientes.

4. Equipo y actores involucrados

Proyecto AECID–Ikiam “Recolectores de Fagos”: Miguel Herrera Robledo (URAI); Francisco Rodríguez Valera (UMH), que precedió al Proyecto HiWater: Efficient and affordable water treatment technologies to minimise waterborne diseases: Linda Mezule (Riga Technology University, Coordinadora), Jochen Meier–Haack (Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e. V.), Jan Spengler (URAI), Miguel Herrera Robledo (URAI).

Profesoras y estudiantes del plan de investigación “Recolectores de Fagos” y del equipo #VirEzone: Yeimi Rojas, Alba Rivas, Jacqueline Noboa (Profesoras); Lissette Díaz, Pablo Guerra, Shirley Tello y Gabriela Urresta (Estudiantes).

5. Aplicabilidad de los resultados de la investigación

Al identificar el genoma de nuevos microorganismos en sistemas fluviales (o en cualquier otra matriz), aumentamos el “universo” de las secuencias genéticas conocidas. A través del análisis de estas nuevas secuencias, se podrían descubrir nuevas herramientas para:

- (a) Luchar contra infecciones bacterianas sin uso de antibióticos.
- (b) Descubrir nuevos procesos de transformación de interés industrial.
- (c) Potenciar la longevidad de la especie humana.

Referencias Bibliográficas:

- Barber, P.H. et al. 2014. Advancing biodiversity research in developing countries: the need for changing paradigms. *Bulletin of Marine Science* 90:187-210.
- Barnosky A. D., N. Matzke, S. Tomiya, G. O. U. Wogan, B. Swartz, T. B. Quental, C. Marshall, J. L. McGuire, E. L. Lindsey, K. C. Maguire et al. 2011. Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? *Nature* 471(7336):51–57. DOI:10.1038/nature09678
- Campos, R. K., P.V. Boratto, F. L. Assis, E. R. Aguiar, L. C. Silva, J. D. Albarnaz, F. P. Dornas, G. S. Trindade, P. P. Ferreira, J. T. Marques, C. Robert, D. Raoult, E. G. Kroon, B. La Scola y J. C. Abrahão. 2014. Samba virus: a novel mimivirus from a giant rain forest, the Brazilian Amazon. *Virology journal* 11(1):95.
- CBD. 2010. Plan Estratégico para la Biodiversidad 2011–2020 y las metas de Aichi para la Biodiversidad. Decisión X/2. 18 a 29 Octubre 2010. Nagoya, Japón.
- Chivian E., A. Bernstein. 2008. *Sustaining life—how human health depends on biodiversity*. Oxford University Press.
- Guerrero – Latorre, L., B. Romero, E. Bonifaz, N. Timoneda, M. Rusiñol, R. Girones, B. Ríos–Touma. 2018. Quito's virome: Metagenomic analysis of viral diversity in urban streams of Ecuador's capital city. *Science of Total Environment* 645: 1334–1343.
- Moura, R. L. Amado – Filho, et al. 2016. An extensive reef system at the Amazon River mouth. *Science Advances* 2(4): e1501252.
- Myers N., Mittermeier R.A., Mittermeier C.G., da Fonseca G.A.B. and Kent J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853–858.
- Peduzzi, P. 2016. Virus ecology of the fluvial systems: a blank spot on the map? *Biological Reviews* 91: 937–949.
- Pergams O. R.W., P.A. Zaradic. 2008. Evidence for a fundamental and pervasive shift away from nature-based recreation. *Proceedings of the National Academy of Science* 105(7):2295–2300. DOI: 10.1073/pnas.0709893105
- Sabramanian, A. P. L. Yager, E. J. Carpenter, C. Mahaffey, K. Björkman, S. Cooley, A. B. Kustka, J. P. Montoya, S. A. Sañudo–Wilhelmy, R. Shipe, D. G. Capone. 2007. Amazon River enhances diazotrophy and carbon sequestration in the tropical North Atlantic Ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105(30):10460–10465.
- Silva, B. et al. 2017. Virioplankton assemblage structure in the lower river and ocean continuum of the Amazon. *mSphere* 2:e00366–17.
- Venter, J. y D. Cohen. 2014. The Century of Biology. *New Perspectives Quarterly* 31:28–37.
- Wilson, K. A. et al. 2016. Conservation Research Is Not Happening Where It Is Most Needed. *PLOS Biology* 14:e1002413.



Figura 5A -5B. Fotos del equipo de trabajo #VirEzone durante la filmación de un video de divulgación en Abril de 2019. (Créditos de las fotografías: Gabriela Urresta, Lissette Díaz, Shirley Tello y Pablo Guerra, cinturones negros del programa “Recolectores de Fagos” y futuros ingenieros en Biotecnología).



La biodiversidad ecuatoriana: Una inspiración para muchas soñadoras

Sara Álvarez Solas
Universidad Regional Amazónica Ikiam

Crecí con las historias de Jane Goodall y Dian Fossey, primatólogas de referencia, grandes científicas y sobre todo ejemplares soñadoras. Son palabras que me vienen a la memoria al pensar en su valentía, en sus logros, en su lucha y en sus relatos. Desde niña, siempre soñé con trabajar con animales en su medio natural, trabajar para conservar las especies; ser una de esas científicas que encuentra en la mirada de un animal, una razón para seguir luchando.

Como española, no era una meta fácil. Salir de mi ciudad, de mi pequeña burbuja, rodeada de comodidades, donde el mayor de mis problemas era fallar en un examen o que el metro no llegue a tiempo. Sin embargo, a través de mi formación se me abrieron algunas oportunidades que nunca desaproveché, que me llevaron a escuchar todos esos proyectos conformados en todas partes del mundo. Todo por un mismo objetivo: la conservación de las especies. Para mí, todas estas valiosas iniciativas eran sueños cumplidos y sentí que ese era mi lugar, rodeada de investigadores de todas las nacionalidades, con miles de perspectivas e ideas, trabajando conjuntamente.

A pesar de seguir viviendo en una sociedad salpicada de machismo, la primatología tiene los mayores referentes femeninos y, con fuerza y decisión, las mujeres nos abrimos paso en esta profesión. Por eso, decidí que ese también era mi destino y esta vez la puerta se abrió hacia Latinoamérica, Ecuador, uno de los lugares más biodiversos del planeta, un lugar único en el mundo. Esas palabras resonaban en mi cabeza constantemente. Sin pensarlo, me lancé a la oportunidad de cumplir un sueño.

EXPERIENCIAS

Cuando llegué a este exótico país, todo era nuevo para mí; estaba lejos de mi familia y me adentraba en la selva, en el Parque Nacional Yasuní. Vi muchas personas pasar por allí, muchos abandonaron porque era muy duro para ellos, otros finalizaron su proyecto y se fueron. Sin embargo, para mí no fue solo una experiencia de trabajo, también era una experiencia de vida.

Cierro los ojos y vuelvo a ese primer día en la Amazonía Ecuatoriana, navegando por el río Tiputini y el sentir la brisa del aire caliente y húmedo del clima tropical; levantar la vista y ver enormes especies de árboles que conformaban un sinfín de formas, y de pronto un grupo de monos que saltaban sobre las ramas y vocalizaban a nuestro paso... era lo más lindo que había visto en mi vida. Era otro mundo. ¿Cómo el ser humano podía haber destruido algo tan hermoso? Ese mismo día, supe que Ecuador no solo sería mi proyecto de tesis, sino que sería mi hogar.

El trabajo en la selva no es sencillo. Seguir a los primates por el bosque más de 10 horas al día, caer y volver a tropezar en el camino, ser el blanco para millones de insectos que forman parte del paisaje, no es tarea fácil, pero siempre supe que eso era para mí. Yo era la invitada en ese paraíso de especies, así que tenía que hacer frente a todos esos “nuevos retos”. Así cuando otros pensaban que no aguantaría porque el trabajo de campo es duro para una joven investigadora, “se requiere fuerza y un buen estado físico...” se equivocaban, puesto que no se trata de una condición física, si no del estado mental, de encontrar la motivación para seguir avanzando. Un día, cuando estaba agotada y mis fuerzas apenas me ayudaban a subir aquella loma, lo sentí, esa mirada de aquel mono araña que paralizó mi alrededor y me dijo: “Ahora sí, encontraste la fuerza para iniciar la lucha”. Y todavía veo la mirada de aquel particular mono, que me recuerda cada día por qué debo seguir este camino.

Mis días pasaron investigando a los monos araña, aprendí muchísimo de ellos: sus movimientos, sus comportamientos, su interacción social y creo que, de algún modo, ellos también aprendieron de mí. Aprendieron que no venía a hacerles daño, que solo quería aprender de ellos y empezaron a confiar en mí de un modo que se me hace difícil describir.

Durante dos años, fui parte del grupo, respondían mis vocalizaciones y no se asustaban al seguirles el paso. Las crías me observaban desde los árboles, descubrían aquel humano que les seguía y giraban la cabeza con curiosidad como si ellos también quisieran estudiar a esa especie que les acompañaba cada día. Sin duda, esa experiencia marcó mi vida y me hizo prometerles que lucharía para proteger su mundo, nuestro mundo y la biodiversidad que lo conforma. Hoy, miro atrás con emoción este aprendizaje que será para toda mi vida y me doy cuenta de que no solo estudiar a las especies es clave, sino divulgar la información, llegar a normativas y regulaciones que ayuden a eliminar las incontables amenazas para la existencia de la vida y la biodiversidad.

Desde septiembre de 2014, soy profesora de la Universidad Regional Amazónica Ikiam. Pasé de ser estudiante y joven investigadora a dirigir mi carrera profesional hacia aquella meta con la que soñé. Vi crecer mis propuestas y conseguir proyectos que apoyaron mis ideas, trabajando en equipo con mis compañeros. Mi trabajo en la Reserva Biológica Colonso Chalupas, junto con mi compañera María Cristina Peñuela, mi asistente Lucas Ramis y algunos estudiantes de Ikiam, como Camila Torres y Erika García, nos permitió conocer un poco más sobre este ecosistema apenas explorado y, a través de las cámaras trampa, mostrar parte de la fauna que se esconde en esas montañas a las puertas de la Universidad Ikiam. Este proyecto pudo crecer gracias a la colaboración de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), quien me apoyó no solo para avanzar en nuestra investigación, sino también a establecer importantes vínculos internacionales y acercar la información resultante a las comunidades, a la ciudad de Tena y a las instituciones que toman decisiones para manejar y proteger los recursos naturales.

Nunca me gustó la política, o al menos eso pensaba, hasta que comprendí la importancia que tiene para cumplir mi promesa. Pero aquí, nuestra lucha contra esa sociedad machista es mucho más marcada y todavía nos queda mucho trabajo por recorrer. Creo que mi experiencia no solo me sirvió a mí, sino fue ejemplo para otras personas que escuchan mis historias y se sumergen en esa aventura, queriendo formar parte de ella. Porque el estudio de la biodiversidad es entender las historias y necesidades de miles de organismos que interactúan entre sí y que conforman un ecosistema complejo que funciona y sobrevive, a pesar de todos nuestros intentos involuntarios o, a veces, voluntarios de destruir todo aquello que se ha creado con innumerables detalles fascinantes, que conforman el mundo en el que vivimos.

Mis estudiantes ecuatorianos de la Universidad Ikiam empiezan sus tesis de pregrado, con esos sueños que buscan cumplir. Mis estudiantes internacionales, muchos de ellos de universidades españolas con las que colaboro, escuchan los proyectos y la importancia de trabajar para la conservación y, en un gran porcentaje, nos visitan cada año. Al pensar en todos ellos, me doy cuenta que la mayoría son mujeres, jóvenes investigadoras que se abren paso en este mundo, como yo lo hice hace algunos años atrás. Son más mujeres que se unen a esta lucha. Pero para cumplir nuestra meta debemos trabajar en equipo, compartir experiencias y apoyar las investigaciones. Formar un equipo que nos ayude a buscar soluciones, combatir amenazas y restaurar lo que ya fue degradado. Es momento de estar juntos, de buscar lazos nacionales e internacionales, sin distinción de género, todos con un mismo objetivo: la conservación de las especies.



CAPÍTULO 5

Investigando en Agricultura

Mejorando la papa en el Ecuador Proyecto INIAP-AECID

Xavier Cuesta S.
Investigador
Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Ecuador

La Agricultura sigue siendo un sector económico prioritario en Ecuador, especialmente para sus poblaciones rurales. La Cooperación Española apoya la investigación agropecuaria a través del INIAP para garantizar la productividad y el desarrollo económico sostenible.



I. Introducción

La papa es uno de los principales cultivos a nivel mundial; en el Ecuador, es la base de la alimentación de gran parte de la población. El tubérculo contiene gran cantidad de nutrientes, pues es fuente importante de vitaminas, como complejo B, antioxidantes, vitamina C, alto contenido de Potasio, Hierro y Zinc.

Es un producto relativamente barato comparado con otros vegetales; además, es importante resaltar su versatilidad, ya que se puede preparar de diferentes formas: en sopas, cocinadas, fritas en hojuelas o bastones, horneadas, puré, ensaladas, tortillas. Adicionalmente, puede ser utilizada por la industria alimenticia, textil y farmacéutica para la extracción de almidón, harinas, alcohol, entre otros productos.

El Ecuador es uno de los centros de mayor diversidad de papa en el mundo. Se estima que existen más de 570 variedades de esta especie, las cuales son conservadas y estudiadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) en la Estación Experimental Santa Catalina y se la denomina “Colección ecuatoriana de la papa” (CEP), que, en su mayoría, está conformada por variedades nativas. Por ejemplo, existen papas que han sido conservadas por los agricultores por varias generaciones, que presentan gran variación de formas, colores y poseen resistencia a diferentes plagas.

En este país, las características de la “papa ideal” para consumo en fresco varían dependiendo de la región. Sin embargo, la mayoría de los agricultores, comerciantes y consumidores prefieren variedades de forma redonda, con piel rojo-rosada, ojos superficiales, tamaño medio y pulpa amarilla porque pueden utilizarse tanto para preparar sopas como para fritura. Mientras que las características de la “papa ideal” para la industria de procesamiento está más relacionada con la forma y los contenidos; por esta razón, se prefieren variedades con contenidos de materia seca entre el 20 al 25%, con azúcares

reductores menos del 0.2%. Si es para uso en bastones, el tubérculo debe ser alargado; si es para hojuelas, debe tener forma redonda, pero en ambos casos los ojos deben ser superficiales.

Generalmente, la producción de papa se concentra en las 10 provincias de la Sierra, dividida en tres zonas: Norte (provincias de Carchi e Imbabura), Centro (Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar y Chimborazo) y Sur (Azuay, Cañar y Loja). Para el 2017, el 98.6% de la superficie de papa sembrada se ubicó en esta región, ya que en esta zona es posible sembrar papa durante todo el año, dependiendo de las características propias de cada sector. Los mayores rendimientos se obtienen entre los 2900 y 3300 msnm, donde las temperaturas fluctúan entre 9 y 11 °C.

Según información del Ministerio de Agricultura, el área sembrada de papa para el año 2017 fue de 32,188 hectáreas, con una producción de 377,243 toneladas, lo que representa un rendimiento de 12.8 t/ha. La provincia con mayor producción fue Pichincha con 99,413 toneladas, con un aporte del 26.35% a la producción nacional; seguida de Carchi con 97,389 toneladas, lo que representa un 25.82%; Tungurahua con 51,748 toneladas, un aporte del 13.72%; y Chimborazo con 47,087 toneladas, con 12.48% de aporte a la producción nacional. La provincia con mayor superficie cosechada fue Carchi con 5,644 ha, seguida de Pichincha con 4,946 ha y Cotopaxi con 3,585 ha. En lo que se refiere al rendimiento por hectárea, en primer lugar se ubicó Pichincha con una producción de 20.1 t/ha, seguida de Carchi 17.3 t/ha y Tungurahua con 16.0 t/ha. Las provincias de Loja y Bolívar obtuvieron las menores productividades 3.9 y 4.3 t/ha, respectivamente.

De acuerdo con el registro de productores de papa, el 65% de los predios de la zona de estudio tienen una superficie de 0 a 5 ha, el 13% tienen superficies de 5 a 10 ha, el 8% superficies de 10 a 20 ha y el 14% restante corresponden a predios con superficie de siembra mayor a 20 ha.

La mayor parte de la superficie cultivada de las provincias de la Sierra Centro (Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo) se encuentra en manos de pequeños productores (unidades productivas entre 0 y 5 ha), con el 92%, 90% y 93%, respectivamente. En cambio, en el Carchi y Pichincha, la mayor parte de los productores, 57% y 67%, respectivamente, son medianos y grandes (unidades productivas de más de 5 ha). Las provincias con el mayor porcentaje de predios con más de 20 ha es Pichincha con el 38%, seguida de Carchi con el 19%.

La mayor parte de los productores de papa pertenece al sexo masculino; sin embargo, la participación de la mujer en las actividades agrícolas es un hecho que se constata en el campo, donde diferentes labores culturales cuentan con la participación de la familia ampliada.

2. Ubicación

El área de estudio del presente proyecto se enfoca en localidades productoras de papa de las provincias de Carchi, Pichincha, Tungurahua y Chimborazo. En el área de intervención habitan 4'410,912 personas, alrededor del 30% de la población total del país. La mayoría (>50%) se ubica en el área rural. La mayor parte de la población es mestiza, aunque en la provincia de Chimborazo existe un elevado porcentaje de población indígena, que a nivel rural alcanza el 59.4%.

El nivel de pobreza en el área de intervención del proyecto es variable, ya que se observa que Pichincha y Tungurahua son las provincias menos pobres. El nivel de extrema pobreza por necesidades básicas insatisfechas es similar o inferior a la media nacional (26.8%), con la excepción de Chimborazo, donde el nivel es superior al 36%. Sin embargo, con la excepción de Pichincha y Tungurahua, la pobreza es elevada a nivel rural, con valores altos como el 56.4% en la provincia de Chimborazo.

La tasa de mortalidad en niños menores de un año es, especialmente, elevada en Chimborazo y Pichincha. Dentro del área de intervención del proyecto, la prevalencia de desnutrición crónica en la población infantil es alarmante. Con la única excepción de Pichincha, puesto que la desnutrición en estas provincias es mayor al promedio nacional (25.2%). La desnutrición es elevada en Chimborazo 49.4%, la cual está relacionada con deficiencias de hierro y zinc.

3. Problema por resolver

En los últimos años, en el Ecuador, se han evidenciado cambios significativos en la cantidad y distribución estacional de las precipitaciones, ocasionando que algunas plagas y enfermedades, como el tizón tardío causado por (*Phytophthora infestans*) y el nematodo del quiste (*Globodera pallida*), se conviertan en limitantes importantes del cultivo, incrementado su incidencia y distribución geográfica. Además, nuevas y más complejas razas de *P. infestans* han sido reportadas en el Ecuador. Mientras en lo que se refiere al nematodo del quiste, debido al monocultivo y períodos cortos de rotación, ha incrementado significativamente su presencia en la mayoría de las zonas productoras de papa.

Estas limitantes de origen biótico constituyen dos de los principales problemas del cultivo en este país, que afectan la producción del tubérculo con pérdidas de rendimiento del 30 al 100% y que para su control se requieren aplicaciones frecuentes de pesticidas con desfavorables consecuencias ambientales, que podrían generar resistencia del patógeno a los pesticidas por su mal uso.

La mayoría de las variedades de papa disponibles en el mercado son susceptibles al tizón tardío y, para su producción, requieren, en algunos casos, más de 20 aplicaciones de fungicidas durante el ciclo generando consecuencias negativas para el ambiente, el agricultor, su familia y el producto que llega al consumidor. De



manera similar, para el nematodo del quiste, la mayoría de las variedades mejoradas son susceptibles y algunos agricultores utilizan insecticidas extremadamente tóxicos.

Ante esta problemática, el INIAP trabaja en el mejoramiento del cultivo para desarrollar tecnología de manejo integrado para reducir los efectos negativos de estas plagas y enfermedades, a través del desarrollo de variedades que presenten características de resistencia a plagas y con mejor calidad para el consumo. Sin embargo, el proceso de mejoramiento genético utilizado, que se denomina “Mejoramiento convencional”, se basa en la selección por características visuales de los materiales. Es un proceso largo y costoso, con el riesgo de que las variedades que se generen no posean las características requeridas, ante lo cual, con el apoyo de la AECID, se ha incluido en esta propuesta a un Instituto de Investigación Español, el Vasco de Investigación y Desarrollo (NEIKER-Tecnalia). Este Instituto tiene experiencia en el mejoramiento genético de papa, utilizando nuevas tecnologías, más eficientes y que requieren menos tiempo para el desarrollo de variedades, pues están basadas en selección por las características genéticas de los materiales que se desarrollan, técnica que toma el nombre de “Mejoramiento asistido con marcadores moleculares”. Es una alternativa promisoriosa al mejoramiento genético porque permite seleccionar variedades con los caracteres requeridos, basados en la presencia de los genes responsables de la resistencia y calidad. Además, es posible realizar el proceso de selección en fases tempranas del desarrollo, evaluar varios caracteres a la vez, reducir los efectos ambientales y utilizar menor número de plantas (Figura 1).

4. Objetivo

Usar la gran diversidad de papa disponible en el país para desarrollar nuevas variedades de este tubérculo, que posean resistencia a plagas y con mejor calidad nutritiva, utilizando nuevas herramientas de mejoramiento genético, mediante dos estrategias: una a largo plazo, que parte desde la selección de los

progenitores para la obtención de nuevas variedades; y la otra a corto plazo, a través de la evaluación y selección de posibles variedades en diferentes ambientes con agricultores.

5. Metodología

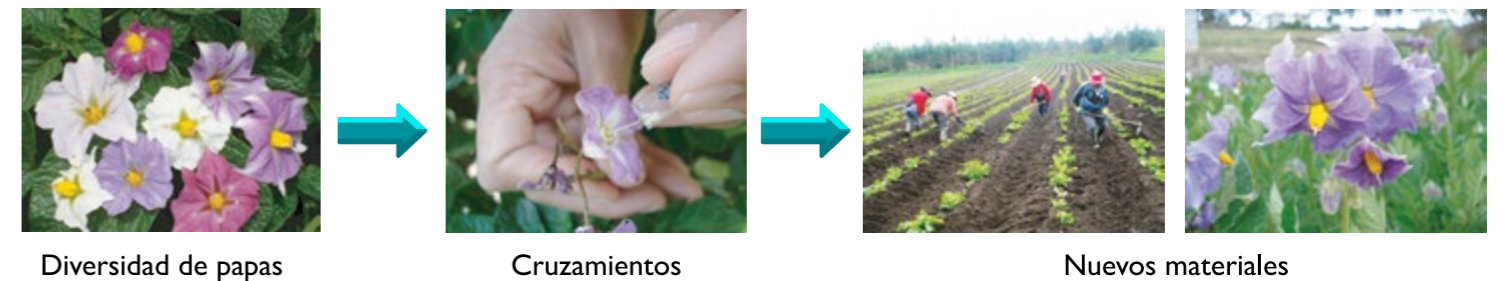
Para el desarrollo de esta propuesta se plantean 4 componentes:

- Componente 1: Seleccionar materiales de papa de fases iniciales de mejoramiento con resistencia/tolerancia al tizón tardío, nematodo del quiste y calidad, utilizando la diversidad genética disponible en la Colección Ecuatoriana de la papa (CEP), con el uso de herramientas biotecnológicas (Figura 1).
- Componente 2: Seleccionar materiales de papa de fases avanzadas con resistencia/tolerancia a tizón tardío y calidad (Figura 1).
- Componente 3: Fortalecer las capacidades locales.
- Componente 4: Establecer un plan de comunicación, visibilidad y socialización del proyecto.

Componente 1. Seleccionar materiales de papa de fases iniciales de mejoramiento con resistencia/tolerancia al tizón tardío, nematodo del quiste y calidad, utilizando la diversidad genética disponible en la (CEP), con el uso de herramientas biotecnológicas

De la CEP se seleccionarán 60 variedades que representen la mayor variación, las cuales se sembrarán en la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP en campo y bajo invernadero.

Fases iniciales



Fases avanzadas



Figura 1. Esquema de mejoramiento genético convencional en papa con el apoyo de la biotecnología.

Caracterización de las variedades de papa de la CEP

1. Tizón tardío

Se realizarán pruebas en laboratorio y campo. En laboratorio se inoculará *P. infestans* en hojas maduras de plantas de invernadero y se evaluará su reacción frente al ataque de tizón. En campo se medirá el porcentaje de área foliar afectada por la enfermedad en las variedades sembradas.

2. Nematodo del quiste

Bajo condiciones de invernadero, se evaluará la resistencia y tolerancia de las variedades. Para este procedimiento, en la siembra de las plantas en macetas se inoculará el suelo con nematodos y en la cosecha se evaluará el rendimiento de plantas inoculadas comparadas con plantas sin inocular. Además, se contabilizará el número de nematodos presentes en el suelo a la siembra y a la cosecha.

3. Calidad para consumo en fresco y procesamiento

En campo se establecerán ensayos para evaluar la calidad del tubérculo para consumo en fresco y procesamiento. Se evaluarán sus caracteres externos e internos.

Caracteres externos:

A la cosecha se evaluará la forma, profundidad de ojos, color de piel y pulpa del tubérculo.

- Verdeamiento y dormancia: Los tubérculos cosechados y almacenados serán evaluados semanalmente respecto al verdeamiento en superficie y profundidad en una muestra por cada variedad. Para la dormancia, se medirá el tiempo en días que transcurre desde la cosecha hasta la aparición de los primeros brotes en los tubérculos.

- Descoloración enzimática: En 5 tubérculos de papas frescas peladas y cortadas en rodajas, se medirá el pardeamiento de la pulpa de los tubérculos a los 30 minutos y 180 minutos, según escala (0-8), donde 0 es no decoloración y 8 completamente café/negro de grado de decoloración.

Caracteres internos:

- Contenido materia seca: En una muestra de tubérculos de cada variedad se medirá el contenido de sólidos en porcentaje, utilizando una estufa para extraer el agua de los tubérculos por cada variedad.
- Azúcares reductores: Una muestra de tubérculos frescos de cada variedad será enviada al laboratorio de nutrición calidad del INIAP y los resultados se expresarán en porcentaje.

4. Selección de progenitores de papa con resistencia/tolerancia al tizón tardío, nematodo del quiste, calidad y realizar cruzamientos

Basados en la información de la caracterización previamente realizada, se seleccionarán hasta 12 variedades con características de resistencia/tolerancia al tizón tardío, nematodo del quiste y calidad para el consumo en fresco y procesamiento que actuarán como progenitores dentro del esquema de mejoramiento (Figura 1). Se incluirán 6 variedades del PNRT-papa con características agronómicas de alto rendimiento, estableciendo un plan de cruzamientos, se realizarán hasta 50 y se obtendrán hasta 5,000 plántulas.

5. Evaluación de plántulas

La descendencia obtenida será sembrada en invernadero y luego trasplantada a campo para la evaluación de su comportamiento con relación a caracteres de resistencia a tizón, nematodo y características agronómicas favorables como ciclo de cultivo y rendimiento (Figura 1).

6. Aplicación de la selección asistida con marcadores moleculares para resistencia al tizón tardío y nematodo del quiste

De las plántulas evaluadas en campo, se seleccionarán 500 por su comportamiento, a las que se les aplicará marcadores moleculares para buscar asociación con los genes responsables de los caracteres de resistencia a tizón, nematodo y calidad.

Componente 2. Seleccionar materiales de papa de fases avanzadas con resistencia/tolerancia a tizón tardío y calidad

Se utilizarán 15 clones avanzados del programa de mejoramiento del PNRT-papa y 2 variedades de reciente liberación INIAP-Libertad e INIAP-Josefina, como testigos referenciales.

Los materiales, previamente desarrollados por el INIAP con las características requeridas, pasarán a las fases avanzadas de evaluación en varios ambientes y pruebas con consumidores, comerciantes y agricultores; durante el lapso de dos años, se identificarán clones con las características demandadas por los diferentes usuarios.

Se evaluarán en dos localidades representativas de Carchi, Pichincha, Tungurahua y Chimborazo, seleccionadas por sus condiciones favorables para el desarrollo del tizón y nematodo del quiste, localidades que aportan con más del 50% de la producción nacional.

1. Evaluación en varios ambientes de posibles nuevas variedades

Se realizarán evaluaciones agronómicas (tipo de planta, precocidad, rendimiento) según los protocolos del INIAP para tizón tardío y calidad; los protocolos de evaluación serán

similares a los descritos para el Componente 1. Sin embargo, se pondrá énfasis en el efecto ambiental en la expresión de las características de resistencia a las plagas mencionadas.

Se incluirán pruebas de degustación con consumidores urbanos y se realizarán evaluaciones con los diferentes actores de la cadena de valor como comerciantes y consumidores. Para la selección de los clones, se tomará en cuenta las características de la papa ideal requerida para el mercado en consumo en fresco y procesado, en lo que se refiere a características externas de forma y color, e internas en lo que respecta a contenidos de sólidos y azúcares reductores.

2. Selección de posibles nuevas variedades con características de calidad para consumo en fresco y procesamiento

Al final, se espera seleccionar al menos cinco materiales con las características requeridas por el mercado en fresco y el de procesamiento. Estos materiales deberán presentar características de estabilidad en los diferentes ambientes evaluados y que en una siguiente fase serán multiplicados y difundidos entre los diferentes actores de la cadena de valor, como variedades mejoradas.

Componente 3. Fortalecer las capacidades locales

Con los socios locales, NEIKER-Tecnalia y CIP se establecerán actividades relacionadas con este fortalecimiento, a través de la organización de eventos de capacitación, una visita técnica a NEIKER-Tecnalia, una réplica de conocimientos y la difusión de las diferentes actividades que ejecuta el proyecto en cada zona de intervención, para mostrar los avances y resultados que se obtienen. La herramienta será utilizar los diferentes medios de comunicación como página web de INIAP, CIP y NEIKER-Tecnalia, redes sociales, invitación a medios de difusión masiva para cobertura de eventos; elaboración de afiches, trípticos,



banners, poster, entre otros; y participación en eventos relacionados, como, por ejemplo, el Día Nacional de la papa, Congreso Nacional de papa, ferias tecnológicas, días de campo.

Componente 4: Ejecutar un plan de comunicación y visibilidad del proyecto

Con la AECID, se establecerá un plan de comunicación y visibilidad del proyecto, que contemple la difusión en medios de comunicación con información relevante del proyecto y el lanzamiento de este dentro de los eventos que se organizan bajo esta temática; así como la socialización de los diferentes eventos previstos de capacitación/difusión y la promoción en espacios previstos dentro de las actividades del Componente 3.

6. Impacto

El conocimiento generado en este proyecto servirá para generar material de inicio y avanzado de papa con potencial de ser variedades mejoradas, como componente principal de una estrategia de manejo integrado de tizón tardío y nematodo del quiste con calidad, para consumo en fresco y procesamiento en menor tiempo y costo, a través del apoyo de la biotecnología.

El desarrollo de materiales con resistencia genética dará como resultado una reducción del uso de pesticidas hasta en un 50%. Esta acción contribuirá positivamente con el ambiente y la salud de los agricultores, sus familias y los consumidores, a su vez determinará la disminución de los costos de producción por menor número de controles fitosanitarios hasta en un 20%.

En corto plazo, el uso de la biotecnología como apoyo al mejoramiento convencional, permitirá mejorar la eficiencia en los procesos de selección de materiales superiores, basados en características visuales y no en la presencia de los genes

responsables de los caracteres, reduciendo así el tiempo para generar variedades hasta en un 50%.

Adicionalmente, con la ejecución de esta iniciativa se asegura sostenibilidad social debido a la inclusión de nuevos conocimientos enfocados a manejo integrado del cultivo, basado en uso sostenible de los recursos naturales. Por otro lado, la generación de nuevos conocimientos relacionados con el uso de la biotecnología sentaría las bases de un programa de mejoramiento asistido, con el uso de marcadores moleculares que podría replicarse a otros cultivos.

7. Resultados esperados

Al finalizar el proyecto se espera:

- Seleccionar al menos 20 materiales de fases iniciales con características de resistencia/tolerancia a tizón tardío, nematodo del quiste y calidad, utilizando herramientas biotecnológicas.
- Seleccionar 5 materiales de fases avanzadas con resistencia al tizón tardío, nematodo del quiste y calidad, con potencial de ser variedades mejoradas.
- Organizar tres eventos de capacitación, participar en tres eventos científicos y realizar cuatro publicaciones.
- Ejecutar de manera efectiva el plan de comunicación establecido.

8. Equipo de trabajo y actores involucrados

Este proyecto estará liderado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), a través del Programa Nacional de Raíces y Tubérculos rubro papa (PNRT-papa), el

cual cuenta con investigadores especialistas en mejoramiento genético de papa, evaluación de tizón tardío, nematodo del quiste y calidad. Para los trabajos con agricultores en regiones, se cuenta con el apoyo de las Unidades de Transferencia de Tecnología ubicadas estratégicamente en las provincias de Carchi, Tungurahua y Chimborazo.

Además, en temas de fortalecimiento de capacidades, contará con el apoyo técnico del Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo (NEIKER-Tecnalia) de España y del Centro Internacional de la Papa (CIP).

9. Aplicabilidad de los resultados de la investigación

Los principales resultados serán documentados en publicaciones científicas en diversos medios: revistas especializadas, publicaciones en línea, boletines técnicos, memorias de eventos, entre otros.

Para los técnicos especializados y estudiantes, se realizarán talleres para que capacitadores de NEIKER-Tecnalia muestren los resultados y las metodologías utilizadas en la caracterización del germoplasma, en la selección asistida por marcadores moleculares para el desarrollo de germoplasma con las características requeridas por el mercado en fresco y procesamiento. Un investigador/a de INIAP realizará una visita técnica a NEIKER-Tecnalia, el cual a su regreso deberá organizar un evento de réplica de lo aprendido.

En corto plazo, los productores de papa tendrán acceso a variedades de papa más productivas y de mejor calidad con resistencia a tizón tardío y nematodo del quiste, variedades que se insertarán dentro de la estrategia de producción de semilla y difusión de variedades que el INIAP desarrolla en el cultivo. Figura 1. Esquema de mejoramiento genético convencional en papa con el apoyo de la biotecnología.





Investigadores del INIA y del INIAP visitando una plantación de teca afectada por “muerte regresiva” en Santo Domingo de los Tsáchilas (Ecuador).

EXPERIENCIAS

Colaboración entre el INIAP (Ecuador) y el INIA (España) en la investigación de la enfermedad “muerte regresiva” en teca

Antonieta De Cal y Cortina y Manuel González Núñez

Investigadores del Departamento de Protección Vegetal del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de España (INIA)

El Departamento de Protección Vegetal del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) de Madrid colabora con el Departamento Nacional de Protección Vegetal del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Ecuador (INIAP) en la investigación de una enfermedad que está causando graves daños en las plantaciones de teca de aquel país.

El INIA es un Organismo Público de Investigación adscrito al Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades dedicado a la investigación agroalimentaria y forestal, cuyos objetivos prioritarios son satisfacer las nuevas demandas de investigación relacionadas con la producción agrícola, ganadera y forestal, mitigar los efectos del cambio climático y contribuir a la seguridad alimentaria mundial y a la lucha contra el hambre. Entre las funciones del INIA está también la impulsión de la cooperación científica y tecnológica internacional en el ámbito agrario y, especialmente, con Iberoamérica.

El Departamento de Protección Vegetal del INIA investiga el control integrado de plagas, enfermedades y malas hierbas, en el marco de una agricultura sostenible, con especial atención al medioambiente, la biodiversidad y la optimización de los recursos. Para ello, cuenta con grupos de investigación en las especialidades de Bacteriología, Entomología Agroforestal, Hongos Fitopatógenos, Malherbología y Nematología.

En junio de 2015, la AECID solicitó la colaboración del INIA con el INIAP para la ejecución conjunta de proyectos de investigación agraria o forestal en líneas prioritarias para Ecuador. En octubre de ese mismo año, dos investigadores expertos del INIA viajamos a Ecuador para participar en el “Simposio Internacional de Manejo Integrado de Plagas en Solanáceas”, organizado por INIAP – YACHAY, y a la vez realizar reuniones con los responsables e investigadores del INIAP, con el objetivo de fijar líneas de interés para establecer colaboraciones que se materializaran en la ejecución de proyectos conjuntos de investigación INIAP-INIA.

Fruto de aquellas reuniones, la investigación de la “muerte regresiva” en teca quedó establecida como una de las líneas prioritarias para INIAP, y en julio de 2016, investigadores de los departamentos de protección vegetal del INIAP y del INIA formulamos la propuesta conjunta de título: “Etiología de la principal enfermedad de teca en Ecuador y rol de insectos en su dispersión”.

La teca es el árbol de madera tropical de calidad más cultivado en el mundo y en las últimas décadas ha adquirido gran importancia en provincias del litoral ecuatoriano, como Manabí, Esmeraldas, Santo Domingo de los Tsáchilas, Guayas y Los Ríos, con una superficie aproximada de 50.000 ha, que hacen de Ecuador uno de los principales exportadores de esta madera. En estas áreas, en los últimos años, se observó la presencia de una enfermedad conocida como “muerte regresiva”, que crece de manera exponencial. En prospecciones preliminares se encontró que, en la mayoría de las plantaciones, los árboles afectados superaban el 15%, lo que evidenció un gran impacto negativo de la enfermedad para la producción de teca en Ecuador. Por otro lado, en los árboles afectados se aislaron los microorganismos *Fusarium* sp., *Lasiodiplodia* sp. y *Ceratocystis* sp., y en su entorno se capturaron numerosos especímenes de insectos de la subfamilia Scolytinae que pudieran dispersar y transmitir la enfermedad.

Basándonos en estos antecedentes, la propuesta formulada por INIAP e INIA para la investigación conjunta del problema, por medio de un proyecto financiado para AECID, tiene como objetivos: (1) determinar los agentes causales de la “muerte regresiva” y (2) conocer el rol de los insectos escolitinos en la dispersión de la enfermedad. A estos objetivos de investigación se añade la difusión de resultados y la capacitación de técnicos y productores.

Como base para esta investigación, se realizan muestreos de la enfermedad y de los potenciales insectos vectores en 50 plantaciones de todas las áreas de cultivo del litoral ecuatoriano. Los grupos de Hongos Fitopatógenos y de Entomología Agroforestal del INIA, colaboraron en el diseño de los muestreos y en la elección de las metodologías de ensayo. Por otro lado, está previsto que en nuestros laboratorios se lleve a cabo la caracterización molecular de los microorganismos causantes de la enfermedad y su detección y cuantificación en los posibles insectos vectores, mediante marcadores moleculares. Finalmente, los investigadores del INIA contribuimos también a la difusión de los resultados y a la

formación de investigadores, técnicos y propietarios de las fincas. Para ello hemos tomado parte en un “Taller de socialización” y está previsto que un investigador del INIAP realice una estancia en el INIA para formarse en la utilización de las herramientas moleculares para la caracterización de los hongos patógenos causantes de la enfermedad y su detección en los insectos vectores.

En octubre de 2018, como parte de las actividades previstas dentro del proyecto de investigación, los investigadores del INIA: Antonieta De Cal (Unidad de Hongos Fitopatógenos) y Manuel González (Laboratorio de Entomología Agroforestal) realizamos una visita a la Estación Experimental Tropical Pichilingue (Quevedo-Ecuador). Dicha visita sirvió para conocer in situ el problema de “muerte regresiva” en teca, conociendo fincas afectadas y también para consensuar con el equipo investigador del INIAP los detalles metodológicos de la investigación y la planificación de las tareas pendientes. Además, durante nuestra estancia en la Estación, participamos como ponentes en el “Taller de socialización del proyecto de Investigación de muerte regresiva en teca”, dirigido a los distintos actores del sector: agricultores, técnicos, investigadores y estudiantes.

En base a esta experiencia, concluimos que la Cooperación en Investigación, mediante la ejecución de proyectos de investigación conjuntos, constituye una vía de enriquecimiento mutuo para los equipos de investigación implicados, y puede resultar positivo y de gran utilidad para el desarrollo científico-tecnológico de Ecuador.



Apoyo de la Unión Europea a la Educación Superior, Investigación, Desarrollo e Innovación

Andrea Ferrari-Bravo

Jefe de Cooperación

Delegación de la Unión Europea en Ecuador

La relación entre la Unión Europea (UE), y América Latina y El Caribe (ALC) se fundamenta en vínculos históricos y culturales muy estrechos, flujos comerciales y de inversión cada vez más sólidos; y cimientos profundos conformados por valores y principios comunes (el compromiso con la Democracia, los Derechos Humanos y el Estado de Derecho; la búsqueda de la Cohesión Social y el Desarrollo Sostenible). A lo largo de los años, ambas partes han desarrollado progresivamente una relación entre iguales, fundada en el respeto mutuo y el diálogo abierto. En 1999, se estableció una asociación estratégica birregional, en cuyo marco se han celebrado cumbres periódicas. La UE ha concertado una amplia red de colaboración y otros acuerdos con países individuales de América Latina y con agrupaciones regionales.

Los instrumentos de Cooperación al Desarrollo de la UE han sido (junto con el compromiso político, el comercio y las inversiones, y los diálogos sectoriales) una piedra angular crucial a lo largo de los años. Este conjunto de elementos también ha permitido apuntalar a una cooperación más estrecha en diversas áreas, como por ejemplo en la de Educación Superior, Investigación, Desarrollo e Innovación y ha dotado de contenido al programa normativo que ambas partes pretenden ejecutar. Esto se ha logrado mediante proyectos bilaterales con países, diseñados a medida para sus respectivos programas de desarrollo, así como los aplicados a escala continental.

A lo largo de este período, América Latina ha cambiado sustancialmente como región, registrando un avance importante de sus iniciativas de desarrollo. Desde 2002, la pobreza y la pobreza extrema han disminuido de manera constante tanto en términos relativos como absolutos. Las clases medias

EXPERIENCIAS

crecen con rapidez y muchos países han alcanzado un nivel de renta media-alta. Esto da pie a una oportunidad histórica para que el continente pueda erradicar la pobreza, en especial la pobreza extrema y las bolsas de pobreza, para abordarla desde un enfoque integral y multidimensional.

Para la Unión Europea, apoyar la enseñanza superior en América Latina también es uno de los objetivos tradicionales de la asociación birregional UE-ALC, con el fin de proporcionar a la región los conocimientos y las competencias requeridas para hacer frente a las continuas necesidades de desarrollo que esta tiene. En este ámbito, la cooperación se ve reflejada en el programa Erasmus+ para el período 2014-2020, con un presupuesto de € 14.700 millones.

Si bien el programa comenzó con el objetivo principal de fomentar la paz y el entendimiento entre las futuras generaciones de europeos, y de contribuir a la creación de una identidad supranacional. Más adelante, la sintonía con el mercado laboral y la posibilidad de atraer a jóvenes talentos de más allá de las fronteras también se han convertido en factores determinantes. Una investigación llevada a cabo en la Universidad de Essex, que contemplaba datos a lo largo de dos décadas, concluía que Erasmus ha sido una fuerza muy poderosa al momento de fomentar la movilidad laboral, y que aquellos estudiantes que tomaban parte en el programa eran hasta 20% más proclives a, posteriormente, trabajar en el extranjero.

En el caso del Ecuador, desde 2014, el programa ha permitido que alrededor de 80 estudiantes ecuatorianos se hagan acreedores la beca de Maestrías Conjuntas *Erasmus Mundus*, muchos de los cuales ya han regresado al país, aportando con sus conocimientos al desarrollo de su país.

Otra forma de contribuir al desarrollo fuera de Europa es a través del fomento de la investigación y la innovación. En ese sentido, la Iniciativa Conjunta de Investigación e Innovación (JIRI, por sus siglas en inglés) se estableció en 2010, con el objetivo de mejorar la cooperación UE-CELAC en Ciencia e Investigación. Este facilita el diálogo birregional sobre prioridades comunes, fomenta el aprendizaje mutuo de políticas y garantiza la cooperación a través de planes de acción bianuales. Las áreas temáticas de cooperación son: bioeconomía que incluye seguridad alimentaria, energías renovables, biodiversidad y cambio climático, TICs y salud.

Desde la Cumbre UE-CELAC en 2015, se han intensificado los esfuerzos para desarrollar un Área de Investigación Común UE-CELAC, centrada en tres pilares estratégicos: la movilidad de los investigadores, el acceso a infraestructuras de investigación y el abordaje conjunto de los desafíos globales comunes. De igual manera *Horizonte 2020*, el mayor programa de investigación e innovación del mundo con un presupuesto de € 80 mil millones, y como ya ha señalado previamente Erasmus+ son accesibles para instituciones de investigación e investigadores individuales y científicos de América Latina y el Caribe.

En la última década, los programas macro de la UE sobre investigación e innovación han movilizado alrededor de € 190 millones para la cooperación con ALC, mediante aproximadamente 1.500 participaciones en proyectos europeos; de igual forma, la región de ALC tiene la tasa de éxito más alta en la participación en Horizonte 2020 en comparación con otras regiones de economías emergentes y en desarrollo.

En este país de América del Sur y en el marco de la cooperación bilateral también se ha apoyado en este periodo a través de € 1 millón a los temas antes mencionados, a través del Programa de “*Apoyo al desarrollo de talento humano, innovación y transferencia de tecnología en el Ecuador*”, el cual es implementado por la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) y se compone de tres ejes de trabajo que incluyen el fortalecimiento de la Universidad Regional Amazónica (IKIAM), el incrementar las capacidades de investigación en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias y el apoyo al fortalecimiento de las capacidades de los servidores públicos.

Finalmente, bajo la futura agenda de cooperación al desarrollo entre UE y ALC, está claro que la Unión Europea seguirá apoyando a los países de la región para sostener las ganancias obtenidas durante los últimos años, así como seguirá impulsando el intercambio de experiencias y lecciones aprendidas entre ambas regiones. En este ejercicio, estamos convencidos que, mutuamente, lograremos identificar nuevas y mejores herramientas de cooperación que nos permitan enfrentar los desafíos e implementar soluciones a los problemas mundiales y regionales por el bien global colectivo.



CAPÍTULO 6

Investigando en Biodiversidad

La Biodiversidad de la Amazonía Ecuatoriana y su relevancia global:
¿Podrán ser detenidos los procesos que conducen a su degradación y extinción?

Wilfredo Franco y Sara Álvarez Solas
Universidad Regional Amazónica Ikiam

Ecuador sigue manteniendo espacios de alto ecológico. Junto a entidades como UNESCO, la Cooperación Española ha fomentado el uso sostenible de la Reserva Biológica Colonso-Chalupas como un laboratorio vivo donde impulsar la investigación aplicada.



Figura 1. Mapa Región Amazónica y Amazonía Occidental. En la Amazonía Occidental discurren miles de cursos de agua provenientes de Los Andes, las que en Ecuador derivan en los ríos Pastaza, Tigris y Napo, afluentes del Marañón que, al unirse al Ucayali en Perú, inician el formidable río Amazonas. Luego de 7.000 km de recorrido hasta el Océano Atlántico, descarga en promedio 225.000 m³/seg de agua, el mayor caudal de agua dulce líquida del planeta (15% del total descargado a los océanos) (Marengo et al. 1994). (Fuente del Mapa: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4745680>).

I. La Biodiversidad de la Amazonía Ecuatoriana y su Relevancia Global

En las últimas décadas, el estudio de la biodiversidad se ha potenciado en gran medida, principalmente, en disciplinas dirigidas a temas de restauración y conservación debido al reconocimiento del proceso masivo de extinción en curso, la necesidad de su valoración en términos de bienes y servicios prestados y la persistencia de graves riesgos y amenazas a la misma, especialmente en las regiones tropicales continentales y océanos de todo el mundo.

Ecuador es el país amazónico de menor superficie; sin embargo, ocupa el tercer lugar en número de publicaciones en la literatura científico biológica de la región andino-amazónica, a pesar de representar el 1% de la cuenca amazónica (Pitman et al., 2017). La Región Amazónica Ecuatoriana (RAE) es parte del área central de la Amazonía Occidental, la que comprende las regiones amazónicas de Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia. Incluye el piedemonte andino o zona de transición entre la Cordillera de Los Andes y la propia Región Amazónica, franja altitudinal por debajo de los 600 msnm, cota de inicio biogeográfico de la Amazonía (López et al. 2017).

La Amazonía como región posee 1/5 de toda el agua líquida dulce del mundo y su reciclaje como vapor y flujo líquido de agua, a través de la atmósfera, la litósfera y la biósfera es un componente clave del clima global. De allí se deriva que, la biodiversidad, componente vivo del sistema, es parte esencial del equilibrio regional y global. Según Cardoso et al. (2017), se han registrado y verificado 14.003 especies vegetales con semillas, de las cuales 6.727 son arbóreas, a lo largo de una veintena de Biomas en sus más de 5,5 millones de km². Estas cifras se acercan a los límites inferiores de los valores resultantes de modelos informáticos, que arrojan hasta 50.000 especies de plantas en la Amazonía. Los autores reportan entre 296.462 y 370.492 especies de plantas en todo el planeta, con lo cual la

Amazonía tendría entre 3,8 y 4,7% de todas las especies con semillas, en el 3,6% de la superficie terrestre global. Otros estudios concluyen que el ecosistema amazónico alberga 10- 15% de la biodiversidad terrestre, allí habitan cerca de 33 millones de personas de 400 etnoculturas y contiene un estimado de 150 a 200 Pg de carbono (varios autores citados por Marengo et al. 2018).

Por esta gran biodiversidad de biomas, encontramos casi 5.000 especies de vertebrados: 833 especies de peces marinos (Jiménez-Prado y Béarez, 2004) y 951 especies de agua dulce (Barriga, 2012); 586 especies de anfibios (Ron et al. 2016); 458 especies de reptiles (Torres-Carvajal et al. 2016); 1.642 especies de aves (McMullan y Navarrete, 2013) y 436 especies de mamíferos (Tirira, 2018), con un alto porcentaje de endemismos.



Figura 2. Distribución de especies vegetales con semillas, por países de la Región Amazónica. A Ecuador le corresponden 3.607 especies, siendo arbóreas 1.705. (Cardoso et al. 2017).



Figura 3. Colibrí en Consanga.
Fotografía: Sara Álvarez Solas.

La falta de estaciones marcadas, debido a la situación ecuatorial del país, que permite que muchas especies de plantas y animales obtengan una fuente de recursos constante y biodiversa; junto con la presencia de la cordillera de los Andes y la Amazonía, sumado a la influencia de las corrientes oceánicas, hacen del Ecuador el país con mayor biodiversidad relativa en vertebrados terrestres (Mena & Manosalvas, 2013).

En cuanto a los invertebrados, todavía queda mucho camino por recorrer, pero se estiman cifras de más de 300.000 especies solo de insectos. Sin embargo, toda esta biodiversidad de especies, se enfrenta también a grandes amenazas, como la pérdida de hábitat, la deforestación, el aumento de la frontera agropecuaria y urbana, y las actividades de explotación petrolera y de minería.

2. La Región Amazónica Ecuatoriana (RAE) e Ikiam como Universidad Amazónica

La RAE está constituida legalmente por 6 provincias, todas cubriendo de Oeste a Este la variabilidad en relieve, paisajes, climas y biomas de la vertiente amazónica de la Cordillera Oriental, el piedemonte y la llanura amazónica; sin embargo, biogeográficamente la Amazonía ecuatoriana se puede considerar desde el piedemonte andino, aproximadamente, desde los 600 msnm, hasta la frontera con Perú (figura 4). Napo es una de las mejor conservadas al poseer los parques nacionales Sumaco y Los Llanganates y las reservas ecológicas Antisana y Cayambe-Coca y la reserva de biodiversidad Colonso Chalupas, cubriendo bajo protección legal el 71% del territorio de 15.000 km².

La Universidad Regional Amazónica Ikiam fue creada en 2014 en la RAE, provincia de Napo, cantón Tena, a 600 m de altitud,

en la zona de amortiguamiento de la Reserva Biológica Colonso Chalupas (93.450 ha) en el valle medio del río Tena (Figura 5).

El área de menor pendiente en el paisaje de piedemonte ha sido usada como chacra (uso agroecológico itinerante) desde tiempos ancestrales, por lo que el bosque secundario, que se desarrolla al dejar el área en ciclo de descanso por unos 20 años, cubre la mayor parte de la Amazonía Occidental en las áreas sin restricciones por pendiente o mal drenaje.

La Reserva Biológica Colonso Chalupas cubre parte de los cantones Tena y Archidona, entre la Reserva Ecológica Antisana y el Parque Nacional Llanganates, conformando un amplio corredor natural en las nacientes de la Amazonía en Napo. Protege las cuencas altas de los ríos Colonso, Tena, Inchillaqui y Shiti e incluye biomas desde el páramo y la selva nublada hasta el piedemonte andino, abarcando un gradiente altitudinal que cubre desde los 560 hasta 4.432 msnm; el área está limitada por 23 comunidades de nacionalidad Kichwa y mestizas.



Figura 5. Valle medio del río Tena, Napo. Al fondo la Reserva Biológica Colonso Chalupas. Campus de la Universidad Regional Amazónica Ikiam al pie de la reserva biológica a 600 m de altitud. Fotografías: Gabriel Picón y Wilfredo Franco.



Figura 4. La región amazónica ecuatoriana legal comienza en las crestas de la Cordillera Oriental y cubre cerca de 120.000 km²; está conformada por las provincias de Sucumbios, Orellana, Napo, Pastaza, Morona-Santiago y Zamora Chinchipe. Fuente: Atlas IGM.

Las condiciones regionales de clima, relieve y suelos permiten una rica biodiversidad de flora y fauna y la prestación de servicios ecosistémicos a las comunidades y centros urbanos de Napo, especialmente en lo relativo a la provisión de agua de muy buena calidad. El relieve muy irregular y de fuertes pendientes ha hecho posible el mantenimiento del área en condiciones de conservación excepcionales, pero la intensa actividad geomórfica, expresada a través de innumerables deslizamientos naturales, promueve, por una parte, un mosaico de etapas de la sucesión vegetal, en superficies de pocas hectáreas, que contribuye a la diversificación ecosistémica, y, por otra parte, una alta vulnerabilidad en términos de inestabilidad de vertientes y cauces. Ello se expresa en la magnitud de las crecidas de los cursos de agua y su carga de sedimentos, luego de fuertes lluvias, incluso en ríos provenientes de áreas protegidas como la Reserva de Biodiversidad Colonso Chalupas (Figura 6).

La entomofauna es extraordinariamente diversa, desde las tierras bajas hasta el inicio del páramo. La región está cargada de nuevas especies pertenecientes a los grupos de insectos menos conocidos y menos colectados. La reserva Colonso Chalupas contiene mucho de la fauna artrópoda amazónica más carismática. Por ejemplo, 19 especies de las abejas Euglossini, especializadas en la polinización de orquídeas, se han colectado hacia los límites más bajos de la reserva. El escarabajo gigante Megaloptera, polillas de seda, luciérnagas, arañas (Amblypygi), tarántulas, escorpiones y muchos otros insectos son abundantes. En el bosque primario de piedemonte, a 780 m de altitud, se ha colectado una fina selección de grandes Lepidoptera, Orthoptera, Coleoptera y Saturniidae, entre muchas otras clases de insectos de actividad diurna y nocturna. De igual manera, se puede asumir la existencia de centenares de especies de mariposas (Huben, 2019).



Figura 6. Izquierda, Río Misahuallí a la altura de Tena (inicio de cuenca media) después de fuertes precipitaciones. La crecida dejó depósitos de material grueso a orillas del río y el agua, aun 12 horas después, fluye cargada de arena fina y limo.

Derecha, río Tena a la altura de Atacapi, cargado de sedimentos a 4 horas de fuertes lluvias en la zona alta cubierta de bosques. De ser talada la selva protectora de la cuenca alta de los ríos procedentes de la vertiente andino-amazónica, el acarreo de material sólido tendría efectos catastróficos.



Figura 7. Tarántula en la zona de amortiguamiento de la Reserva Biológica Colonso Chalupas.
Fotografía: Sara Álvarez Solas.

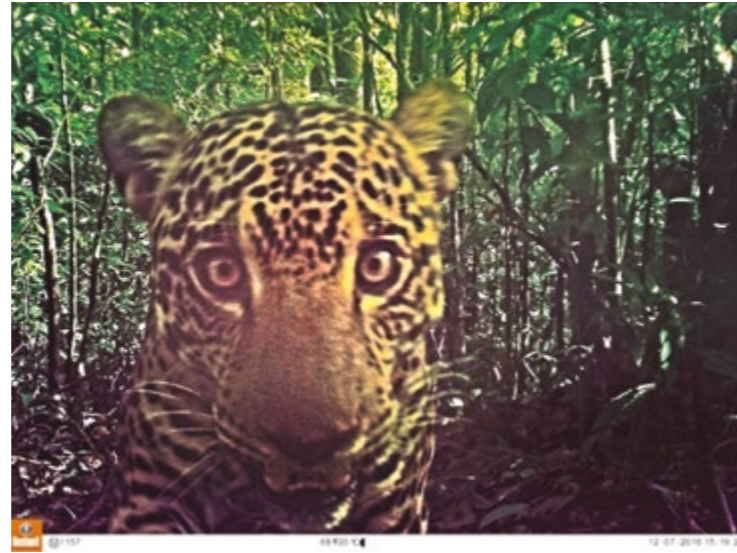


Figura 8. Un jaguar (*Panthera onca*) en la Reserva Biológica Colonso Chalupas (Álvarez-Solas et al. 2018).

Álvarez Solas y cols. (2018) han encontrado más de 25 especies de mamíferos de gran tamaño en la reserva, en las inmediaciones del campus de Ikiam y en el piedemonte de la Reserva Biológica Colonso Chalupas, donde se destacan: oso de anteojos, mono machín, chichico, jaguar, tigrillo, puma, guanta, oso hormiguero, entre otros; animales que tienen un papel clave en el mantenimiento del bosque tropical.

También se pueden encontrar una gran diversidad de serpientes, anfibios y reptiles. Solo en las inmediaciones de la Universidad Ikiam, en un inventario de la zona de amortiguamiento de la reserva, con la participación de docentes y estudiantes de Ikiam, se encontraron 23 especies de anfibios (Coloma y Tapia, 2015).

La Universidad Ikiam y su equipo de investigadores trabajan en el estudio de la biodiversidad de la reserva y en la generación de información para elaborar planes de manejo y gestión del área protegida en colaboración con el Ministerio del Ambiente, atendiendo al convenio de cooperación interinstitucional firmado por ambas instituciones en diciembre del 2016. En este reto, cabe mencionar la importancia de tener un laboratorio vivo tras el campus de la universidad, una oportunidad para acercar la Academia al estudio de la biodiversidad en un área protegida con tanta potencialidad, por conformar un corredor biológico de conservación, seis tipos diferentes de ecosistemas y por una ubicación estratégica, todo lo cual ayudará a formar futuros investigadores que apoyen el uso sostenible de los recursos naturales y la conservación de la biodiversidad.



Figura 9. Especie de anfibio (*Ranitomeya variabilis*) en la zona de amortiguamiento de la Reserva Biológica Colonso Chalupas.
Fotografía: Sara Álvarez Solas.

3. Estado actual y tendencias de los procesos de degradación

La Región Amazónica Ecuatoriana (RAE) ha sufrido un proceso de “colonización interna” desde la década de los años 60’s del siglo pasado, impulsado por la explotación petrolera y el desarrollo agrícola convencional (Jarrín *et al.*, 2016), del mismo modo como ocurrió y sigue ocurriendo en Brasil, Perú, Bolivia y Colombia, en cada caso con sus particularidades. López *et al.* (2013) desarrollaron un análisis espacial (Atlas) sobre un conjunto de cinco presiones y amenazas sobre la RAE en la primera década del siglo XXI: vías o carreteras, petróleo, minería, hidroeléctricas y deforestación. Las provincias del Norte (Sucumbíos y Orellana) son las más afectadas por la colonización agrícola convencional y la industria petrolera.

Se estima que la Amazonía, como región integrada por áreas de nueve países de Sudamérica, ha sido deforestada en un 9,7% hasta el año 2000, y entre ese año y el 2013 dicho porcentaje subió a 13,3%, lo que representa un incremento de 37% en los últimos 13 años (RAISG. 2015). Este mismo estudio, citando varios autores, afirma que la pérdida de bosques continuará ocurriendo en toda la región amazónica, con proyecciones muy similares. Las estimaciones generales sobre la base de las predicciones publicadas están entre 107 y 369 millones de hectáreas hasta el 2030. Según Soares Filho *et al.* (2006), las tendencias actuales de la expansión agropecuaria se traducirán en la pérdida de un total de 40% de los bosques del Amazonas en 2050, incluyendo al menos dos tercios de la cubierta forestal de seis grandes cuencas hidrográficas y 12 ecorregiones, con la liberación de $32 \pm 8Pg$ de carbono a la atmósfera.

Las causas principales son la expansión de la frontera agrícola, tanto para pastos como para monoculturas como la palma africana, la construcción de grandes hidroeléctricas e infraestructura vial, la minería, especialmente de oro, y la explotación de hidrocarburos y, finalmente, el impacto del



Figura 10. Hidroeléctrica de Baños (Tungurahua, Ecuador).
Fotografía: Sara Álvarez Solas.

cambio climático y el efecto subsecuente de sequías e incendios. En este país, a pesar de los grandes esfuerzos realizados para la conservación de la RAE, sus culturas ancestrales, su biodiversidad y recursos hídricos, es evidente que los procesos de extinción de ecosistemas y degradación progresiva de áreas naturales constituyen un grave problema también en la Amazonía ecuatoriana. Según el Ministerio del Ambiente (MAE, 2018), en Ecuador se encuentran cerca de 1252 especies de vertebrados en alguna categoría de amenaza: 217 especies de mamíferos, 238 de aves, 276 de reptiles y 521 de anfibios. Las principales causas de deforestación y degradación en la RAE son coincidentes con las ya mencionadas para el resto de la Amazonía, es decir, las prácticas no sostenibles del uso de la tierra, la expansión de la agricultura convencional y la ganadería, la extracción de madera, proyectos hidroeléctricos, proyectos mineros, instalación de líneas de transmisión eléctrica y el desarrollo vial y urbano sin las debidas consideraciones ambientales, lo que conlleva el mal manejo de desechos y efluentes y la contaminación de suelos y aguas.

Adicionalmente, debe destacarse la cacería indiscriminada, que ha diezclado especies tradicionalmente usadas para la alimentación, pudiéndose hablar de extensiones significativas de bosques sin el componente ecológico necesario de la fauna para los procesos de dispersión de innumerables especies vegetales y para el sano equilibrio de las cadenas tróficas. A estas problemáticas, podríamos sumar la introducción de especies exóticas, como animales domésticos o la tenencia de animales como mascotas, que también forman parte de las principales causas de desaparición de algunas especies claves en el ecosistema. Esto último, además, afecta principalmente a numerosas especies de mamíferos y aves, consideradas importantes dispersores de semillas, como los primates, con ciclos de vida largos y tasas de reproducción reducidas.

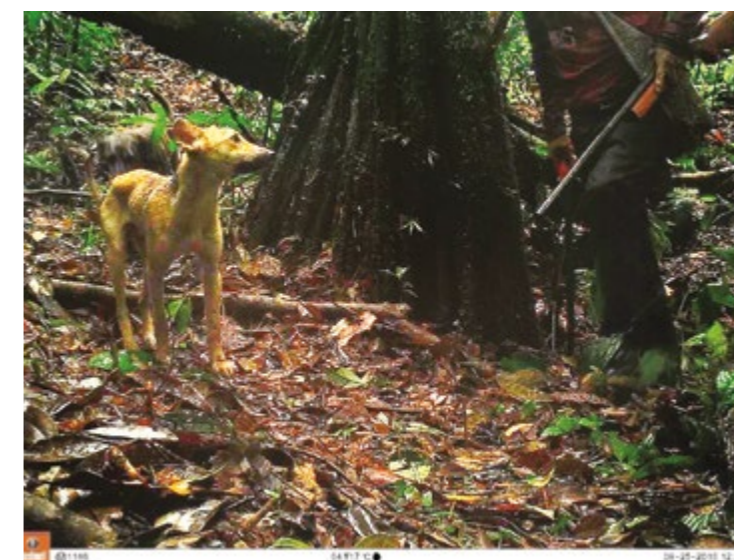


Figura 11. Cazadores en la Reserva Biológica Colonso Chalupas (Álvarez Solas *et al.* 2018).

4. Alternativas de acción para la conservación de la Amazonía

El descubrimiento de grandes reservas de petróleo en la Amazonía ecuatoriana, desde mediados del siglo XX, condujo inevitablemente al desarrollo de la industria petrolera, cuyos aportes al desarrollo del país en el último medio siglo han sido determinantes. Sin embargo, los pasivos ambientales de la industria amazónica exigen medidas de remediación ambiental de grandes proporciones y aún deberá profundizarse en la evaluación de los impactos positivos y negativos causados en el área social y económica. Por otra parte, puede avizorarse el final de la economía petrolera amazónica en las próximas décadas, periodo en el cual el país, especialmente la región, deberá avanzar en el desarrollo de alternativas económicas sustitutivas. En atención a ello, la base de recursos naturales de la Amazonía puede y debe potenciarse mediante la ciencia y la tecnología, sumada a los saberes ancestrales, y a la educación y capacitación para la gestión de esos recursos y su transformación en bienes y servicios del mayor valor agregado posible. El reto es doble: conservar al máximo la integridad y calidad de los recursos del suelo, del agua y de la biodiversidad, a la par que se forman los gestores y emprendedores, y se crean las bases científicas y tecnológicas para su transformación en bienes y servicios que sustenten económicamente a la sociedad; para lograrlo, las próximas dos décadas serán determinantes.

La meta de conservación de la Amazonía ecuatoriana debe vencer dos grandes obstáculos: a) reducir la deforestación y degradación de los ecosistemas forestales por efecto de la expansión agropecuaria convencional, la erosión de los suelos y la biodiversidad concomitantes, la aplicación de agroquímicos contaminantes, la extracción no sostenible de madera y la actividad minera degradante; y b) garantizar el mejor nivel posible de conservación y manejo de las áreas legalmente protegidas (parques nacionales, reservas de biodiversidad, etc.).

Para enfrentar esos obstáculos, se requieren políticas públicas correctamente fundamentadas y mejor implementadas, educación, capacitación y programas de estímulos dirigidos a objetivos específicos (para lo cual el programa ‘Socio Bosques’ es una escuela de experiencias positivas y negativas), por ejemplo: estímulo a sistemas agroecológicos de producción de alimentos; maderas y productos forestales no maderables; consolidación de chacras comunitarias y emprendimientos agroindustriales derivados; conservación de riveras de ríos y arroyos, y de la calidad de las aguas; reconocimientos a logros comunitarios de conservación ambiental y de especies de flora y fauna; entre otros.

Frente a la envergadura de los retos y obstáculos a vencer, la evolución de las políticas públicas ambientales, en la última década, ha permitido crear sólidos cimientos para la acción del Estado y la sociedad. El Gobierno ecuatoriano ha demostrado haber entendido y asumido el reto desde el punto de vista conceptual. Ahora, debe avanzar en la compleja y difícil dimensión de instrumentar las políticas socio ambientales para alcanzar las metas a corto, mediano y largo plazo. En efecto, la Constitución de la República, aprobada en 2008, reconoce los Derechos de la Naturaleza, y fundamenta y establece la base normativa para su conservación y aprovechamiento con sostenibilidad. Paralelamente, garantiza la permanencia de las culturas ancestrales y sus saberes y prácticas, primera opción a ser fortalecida como factor de contención de los procesos de degradación en curso.

El Plan Nacional de Desarrollo Toda Una Vida 2018 - 2022, así como la recientemente aprobada Ley Orgánica para la Planificación Integral de la Circunscripción Territorial Especial Amazónica (Ley Amazónica), aportan las directrices de acción y recursos provenientes del petróleo para avanzar hacia los objetivos del desarrollo sostenible. Del mismo modo, la existencia de dos Universidades en la región (Universidad Estatal Amazónica y Universidad Regional Amazónica Ikiam), numerosos institutos tecnológicos, la Estación Experimental

Central Amazónica del INIAP y las extensiones amazónicas de universidades de la Sierra y de la Costa constituyen fortalezas en la creación de capacidades humanas regionales.

A todo ello, se suma la acción amplia y sostenida de instituciones públicas especializadas, como el Ministerio de Turismo (MAE) y el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG); así como los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD), con el determinante apoyo de la cooperación internacional, la que, a través del PNUD, FAO, GIZ, ENGIM, AECID, GEF y varias organizaciones no gubernamentales (ONGs), posibilitan numerosos proyectos dirigidos a avanzar en aspectos específicos del manejo de los recursos amazónicos, capacitación de las comunidades y apoyo a los emprendimientos con criterios de sostenibilidad.

En 2018, inició el programa PROAmazonía, siendo el MAE, el MAG y el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) entidades ejecutoras del proyecto, con más de 50 millones de dólares provenientes del Fondo Verde. Este año, inicia la implementación de la Ley Amazónica (ST-CTE, 2019), que ampara la ejecución del Plan Integral Amazónico dotado de recursos provenientes del petróleo (2 dólares por barril); ambas iniciativas encauzarán recursos financieros y humanos hacia la resolución del cúmulo de problemas derivados del conflicto Ambiente-Desarrollo en un medio con fuertes restricciones por su fragilidad ecológica y sociocultural. Ambas debilidades se integran en una única realidad: frente a la colonización y ocupación económica del territorio por la cultura occidental, la sociedad de nacionalidades y pueblos ancestrales busca salidas a diversas y complejas situaciones, para lo cual se requiere la concurrencia y esfuerzo mancomunado de múltiples actores privados y públicos, incluyendo los anteriormente mencionados.

En el medio rural amazónico, especialmente en las áreas donde las culturas originarias habían podido adecuar su forma de vida al medio y a los ecosistemas dentro de una experiencia acumulada

por centenares o decenas de generaciones, las políticas oficiales de expansión de la ocupación de tierras vírgenes por motivos diversos desde los años 60's, coincidentalmente en todos los países de la Amazonía han generado áreas de contacto e interacción social y económica e intercultural en el mejor de los casos, y de choques y graves conflictos en otros (Franco 1997).

La expansión extractivista con poca planificación ha estado ocasionando desequilibrios en lo sociocultural, económico y ambiental en zonas de capital importancia por sus recursos de biodiversidad y agua, especialmente, en las últimas cinco décadas. Al mismo tiempo, la sedentarización de las comunidades tiende a agotar los recursos (fauna, flora y suelos) en su radio de influencia. La tendencia a la reducción del tamaño de parcela disponible al pasar de una generación a otra por el número de hijos, contribuye a la pérdida de la poca sostenibilidad que poseía el sistema agroproductivo ancestral en las áreas periurbanas o en las zonas de amortiguamiento de áreas legalmente protegidas. El Estado, al intentar preservar la biodiversidad creando áreas protegidas, redujo la base disponible de territorio y recursos naturales, acentuándose así la sedentarización y el carácter permanente de la chacra.

Por otra parte, las amenazas y los riesgos derivados del cambio climático evidenciados en este siglo, son una realidad que, junto con el cuadro descrito, imponen la necesidad de investigación y de lograr sistemas agrícolas sostenibles, desarrollos urbanísticos y viviendas diseñados para el medio sociocultural y ambiental amazónico y, no menos importante, la capacidad industrial para procesar, y colocar en los mercados bienes y productos de la Amazonía. En síntesis, las acciones a ejecutar para la conservación de la biodiversidad y promover el desarrollo sustentable deben ser orientadas en función de conciliar y tratar de satisfacer las necesidades de la Nación, de la sociedad amazonense y de las necesidades globales referidas a la mitigación del cambio climático, y la conservación de la biodiversidad y de las culturas ancestrales (Franco, 1997).

Entre los emprendimientos con valor agregado local amazónico, con potencialidad de crecer, están los de turismo ecológico, cacao-chocolate, guayusa, vainilla, yuca-almidón, pimienta, jengibre, canela, plátano y frutas tropicales (guanábana, pitahaya, chirimoya, papaya, naranjilla y otras). Debe reconocerse que todos los emprendimientos requieren, en mayor o menor intensidad, apoyo y sustento en ciencia y tecnología, capital de inversión y capacitación, para encauzarse y consolidarse como producción sostenible (ST-CTA, 2019). Franco et al, (2018) hace una amplia discusión sobre el cultivo de la guayusa por las comunidades Kichwa en Napo y la potencialidad de esta bebida ancestral estimulante, como posible alternativa económica de fortalecimiento de la chacra Kichwa.

En ese contexto, es necesario destacar la necesidad de afianzar políticas públicas y recursos financieros para impulsar a la chacra como sistema agroproductivo, ya no solo para consumo familiar, sino para la producción y procesamiento con fines comerciales, así como para crear los mecanismos conducentes hacia niveles deseables de comercio justo, reconocimiento de género y pago por servicios ambientales (por ejemplo, régimen hídrico normalizado en cuencas prioritarias y alta calidad del agua, fijación de carbono, garantía de aire limpio, biodiversidad salvaguardada), inclusive en el costo de mercado de los productos amazónicos procesados y comercializados.

Frente a esta realidad, es necesario unir esfuerzos mancomunados para crear y fortalecer el movimiento agroecológico en la Amazonía, donde confluyan la Academia, las asociaciones y cooperativas agroindustriales, las agencias del Estado competentes, la cooperación internacional y ONGs focalizadas al medio rural. Por ejemplo, la agroecología es una plataforma con base técnico-científica que puede contribuir a generar respuestas comprensivas, que integren los temas netamente agroproductivos y ecológico-ambientales, con los socioculturales y de políticas públicas. Este conjunto debe

ir acompañado de estrategias y acciones en biocomercio, promoviendo las cadenas de valor agroindustrial y abordando los mercados nacionales e internacionales.

Por otra parte, es necesario fortalecer la planificación del crecimiento de pueblos y ciudades, mediante el desarrollo conceptual e instrumentación del urbanismo y la vivienda adaptados al medio amazónico, en función de mejor calidad de vida y menor impacto ambiental. Ello debe incluir los esfuerzos en ciencia y tecnología para impulsar diseños, métodos y componentes constructivos con materiales locales (madera, guadua, palmas, piedra y tierra) en diversas combinaciones posibles, como tableros de fibrocemento, tapias, paneles de aglomerados, etc., buscando reducir al mínimo el uso de cemento y metal, cuyos altos costos limitan su utilización en programas masivos de urbanismo y vivienda. Aquí, cabe mencionar una fortaleza agroecológica aun no aprovechada suficientemente en la región, como es el rápido crecimiento de especies maderables, como balsa (*Ochroma pyramidale*) ciclo de 4 a 5 años, pigüe (*Pollalesta discolor*) y llantia (*Shefflera morototoni*) de 8 a 10 años, seguidas de laurel (*Cordia alliodora*) 15 años, y chuncho (*Cedrelinga cateniformis*) y cedro (*Cedrela odorata*) 20 años; así como la guadúa o bambú (*Guadua angustifolia*) que genera material aprovechable para viviendas, muebles y artesanías ya a los 3 años de edad. A diferencia que en Europa y Norteamérica se construyen centenares de miles de viviendas cada año con madera que requirió de 80 a 100 años de crecimiento.

En ese contexto, cabe resaltar la importancia económica que representa muchas de las intervenciones ambientales que el ser humano realiza, con objetivos concretos, para hacer uso de los servicios ecosistémicos. En muchas ocasiones, este uso no se realiza de manera sostenible al no considerar los costos que estas decisiones pueden generar para el ambiente y las generaciones futuras. Existe un valor de uso directo del bosque de esta intervención para obtener un recurso económico de manera directa, como la tala de árboles por su madera, pero también encontramos un valor de uso indirecto que son los beneficios

que los bosques garantizan, como el agua o el oxígeno, que con frecuencia no es considerado por su coste económico, sino por el alto valor para el ser humano (Tellería, 2012).

Este importante aspecto debe incluirse en la formulación de planes de manejo y acción dirigidos a la conservación de las especies y, en general, del ecosistema. Para lograr dicho objetivo, una de las estrategias más importantes es el trabajo conjunto entre entes estratégicos, como son la Academia y las instituciones de toma de decisiones, como los Ministerios del Ambiente, y de Agricultura, así como los gobiernos locales, integrando la valiosa participación de la población local. La articulación de estas instancias, trabajando de manera coordinada, contribuirá con la generación de información relevante por parte de investigadores y comunidades locales, necesaria para crear modelos que sustenten la toma de decisiones, con pautas elaboradas por expertos en el área y bajo consenso de varias disciplinas, considerando la acción participativa de la población local.

Un elemento fundamental es trabajar desde las demandas y necesidades de las comunidades y áreas urbanas, puesto que los planes de acción deben poder llevarse a cabo y mantenerse en el tiempo. Cada año, el Ecuador formula planes de acción con el objetivo de implementar políticas para la conservación de las especies, mediante la integración de esfuerzos de investigadores y el MAE, como es el caso del “Plan de Acción para la Conservación del Jaguar” (Zapata, 2014), el “Plan de Acción para la Conservación de los Murciélagos del Ecuador” (Burneo et al, 2015), o recientemente, con el apoyo de Ikiam, el “Plan de Acción para la Conservación de los Primates” (Tirira et al. 2018), entre otros. Estos planes tienen como objetivo mantener y restaurar poblaciones que cumplen un rol dentro del ecosistema, buscando la permanencia de estas zonas, pese a las amenazas y riesgos de diversa índole a la que están sometidos.

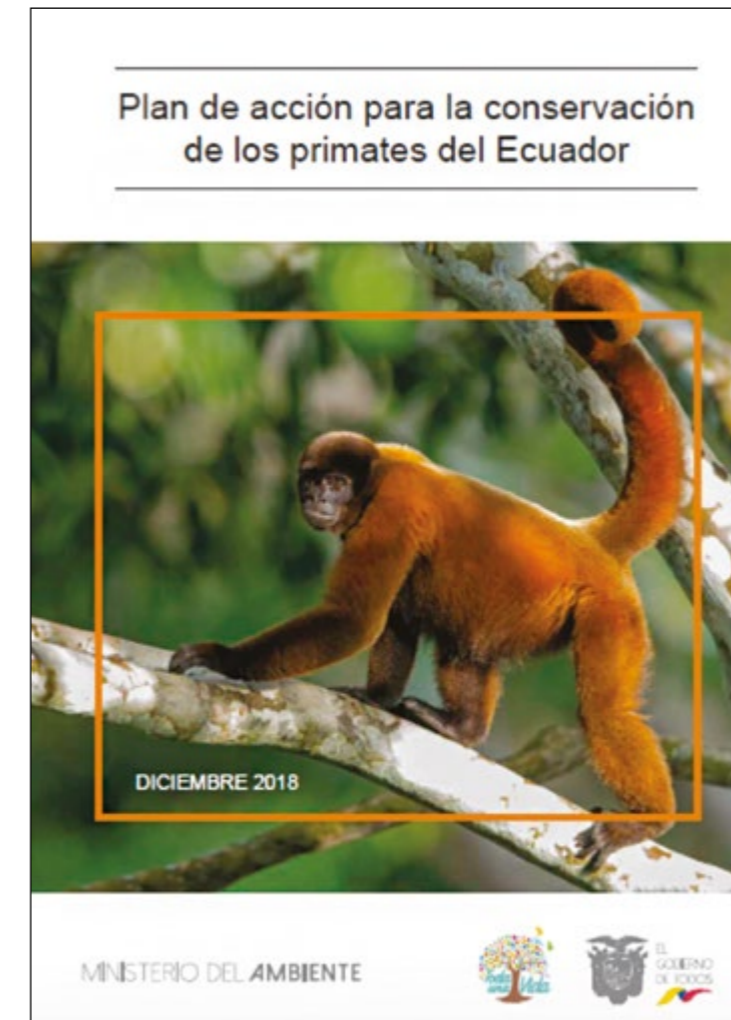


Figura 11. Portada del Plan de acción para la conservación de los primates del Ecuador (Tirira et al. 2018).

Este país posee regulaciones ambientales importantes en el marco jurídico hacia la protección de la flora y la fauna silvestre, sumándose a los tratados internacionales sobre la vida silvestre firmados y asumidos por el Estado como legislación propia. Así, estas regulaciones orientadas a la protección de la naturaleza resaltan el derecho y el deber de la población de vivir y buscar su desarrollo social y económico con criterios de sostenibilidad, garantizando los Derechos de la Naturaleza, como principio constitucional y haciendo uso sostenible de los recursos, cuidando el ambiente bajo la prevención de la contaminación y el uso insostenible de los recursos (Tirira et al 2018).

Alrededor del 20% del territorio ecuatoriano forma parte de Sistema Nacional de Áreas protegidas (SNAP): parques nacionales, refugios de vida silvestre, áreas nacionales de recreación, entre otros (Mena & Manosalvas, 2013). Todas estas áreas están gestionadas y manejadas por el Ministerio del Ambiente, pero, en la mayoría de los casos, los esfuerzos son excesivos y no se cuenta con el personal o los recursos suficientes para abarcar estas grandes áreas protegidas. De este modo, con frecuencia se encuentran conflictos “fauna-gente”, problemas con extracción ilegal, tráfico ilegal de madera y de fauna, límites confusos de la frontera agropecuaria y, en resumen, los impactos humanos se incrementan dentro de vacíos legales o políticas imprecisas que regulan áreas protegidas y zonas de amortiguamiento. A estos problemas, se suman el desarrollo de prácticas y tecnologías que aceleran la explotación de los recursos, muchas veces de manera insostenible; desde las nuevas técnicas de cacería con escopeta que disparan el número de presas cazadas por cazador, potenciando no solo la cacería de subsistencia sino también la venta ilícita de la carne de monte, como la extracción de recursos del bosque por técnicas invasivas como la tala indiscriminada. El uso sustentable de los recursos también es un término que hay que puntualizar, ya que con frecuencia es utilizado para todo tipo de uso; sin embargo, este término debe tener en cuenta la sociedad, la naturaleza y la economía de manera equitativa (Mena & Manosalvas, 2013).

Todo ello hace de Ecuador un país fuertemente involucrado en políticas públicas de conservación, que deberán profundizarse y anclarse en la base cultural y económica de la población, a través de la educación y el estímulo en todos los ámbitos del quehacer nacional. Si existe un país amazónico en privilegiada posición para abordar la restauración de las áreas degradadas y garantizar la conservación de las áreas aún en buen estado natural, ese es el Ecuador. La mancomunidad de esfuerzos y el correcto entendimiento entre los actores harán posible la meta de una Región Amazónica Ecuatoriana en versión mejorada de generación en generación.

Referencias Bibliográficas:

- Álvarez-Solas, S., L. Ramis, M.C. Peñuela Mora, C. Torres y E. C. García (eds.). 2018. Guía de campo de los mamíferos del piedemonte de la Reserva Biológica Colonso Chalupas. 1ª. edición. Universidad Regional Amazónica Ikiam. Tena.
- Barriga, R. 2012. Lista de peces de agua dulce e intermareales del Ecuador. *Revista Politécnica*. 30(3), 83-119.
- Burneo, S. F., Proaño, M. D., & Tirira, D. G. 2015. Plan de acción para la conservación de los murciélagos del Ecuador. Programa para la Conservación de los Murciélagos del Ecuador y Ministerio del Ambiente del Ecuador: Quito.
- Coloma, L. y Tapia, E.E. 2015. Guía de anfibios de Ikiam y Reserva Colonso Chalupas. https://issuu.com/centrojambatu/docs/_guia_anfibios_ikiam__colonso_chalu
- Franco W. 1997. Bases Estratégicas para el Desarrollo Sustentable del Estado Amazonas de Venezuela. *Interciencia* 22(4): 184193.
- Franco W., A. Aguinaga, D. Astudillo, G. Picón, V. Gallardo, G. Loza, P. Andi, R. Andy y L. Andy. Guayusa (Waysa): Reto y Oportunidad para la Amazonia Ecuatoriana. Convenio Ikiam-AECID.
- Huben, M. 2019. Web page. Harvard Museum of Comparative Zoology Associate. <http://world.std.com/~mhuben/evaniidae.html>
- Jarrín-V., P., Tapia L., y Zamora G. 2017. La colonia interna vigente: transformación del territorio humano en la región amazónica del Ecuador. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales* N.º 20, septiembre 2016, pp. 22-43.
- Jiménez-Prado, P y Béarez, P. 2004. Peces marinos del Ecuador continental/Marine fishes of continental Ecuador; T. 1, 130 p.; T. 2, 401 p. SIMBIOE/NAZCA/IFEA, Quito.
- López A., V., Espíndola, F., Calles, J. y Ulloa, J. 2013. Atlas "Amazonía Ecuatoriana Bajo Presión". *EcoCiencia*. Quito-Ecuador.
- Marengo, J. A. and Miller, J. R. and Russell, G. L. and Rosenzweig, C. E. and Abramopoulos, F. 1994. Calculations of river-runoff in the GISS GCM: Impact of a new land-surface parameterization and runoff routing model on the hydrology of the Amazon River. *Clim. Dyn.* Volume 10: 349—361. Doi 10.1007/s003820050053.
- Marengo JA Jr, Souza C, Thonicke K, Burton C, Halladay K, Betts RA, Alves LM and Soares WR 2018. Changes in Climate and Land Use Over the Amazon Region: Current and Future Variability and Trends. *Front. Earth Sci.* 6:228. doi: 10.3389/feart.2018.00228.
- McMullan, M., y Navarrete, L. 2013. Fieldbook of the Birds of Ecuador; Including the Galápagos Islands. Quito: Fundación de conservación Jocotoco.
- Mena Vásconez, P, y Manosalvas N., R. 2011. Introducción al estudio del ambiente. Universidad Técnica Particular de Loja. Loja.
- Ministerio del Ambiente y Wildlife Conservation Society. 2014. Plan de Acción para la Conservación del Jaguar en el Ecuador. Ministerio del Ambiente, Wildlife Conservation Society, Liz Claiborne & Art Ortenberg Foundation, y Wild4Ever. Quito.
- Pitman, N.C.A., Widmer, J., Bruna, E.M., Jenkins, C.N., Stocks, G., Seales, L., Paniagua, F. & Maehr, E. 2017. El sorprendente liderazgo de Ecuador en la producción científica de la región andino-amazónica. Los secretos del Yasuní. *Avances en Investigación en la Estación Biodiversidad Tiputini*, Universidad San Francisco de Quito USFQ (D. Romo, D. Mosquera, eds.). Editorial USFQ. Quito.
- RAISG. 2015. Deforestación en la Amazonía (1970-2013). Red Amazónica de Información Socioambiental Georreferenciada. p 48. www.raisg.socioambiental.org
- Ron, S. R., Guayasamin, J. M., Yanez-Muñoz, M. H., Merino-Viteri, A. Ortiz, D. A. & Nicolalde, D. A. 2016. *AmphibiaWebEcuador*. Version 2016.0. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Soares-Filho, B., Curtis D., Curran L., Coutinho G., Garcia R., Azevedo C., Voll E., McDonald A., Lefebvre P & Schlesinger P. 2006. Modelling Conservation in the Amazon Basin. *Nature* Vol 440 [23 March 2006]doi:10.1038/nature04389
- ST-CTA. 2019. Informe sobre los talleres de actualización del Plan Integral Amazónico. Secretaria Técnica – SENPLADES – UEA – IKIAM.
- Tellería, J.L (eds.) *Introducción a la Conservación de las Especies*. 2012. Tundra ediciones, Valencia.
- Tirira, D. G. (2018). Mamíferos del Ecuador: lista actualizada de especies / Mammals of Ecuador: Updated checklist species. Versión 2017.2. Fundación Mamíferos y Conservación. Quito. <<http://mamiferosdeecuador.com>> (actualización / updated: 2018-05-23). DOI:10.13140/RG.2.2.16053.58080.
- Tirira, D.G., S. de la Torre y G. Zapata Ríos (eds). 2018. Plan de acción para la conservación de los Primates del Ecuador. Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE) / Grupo de Estudio de Primates del Ecuador (GEPE) / Asociación Ecuatoriana de Mastozoología (AEM). Quito.
- Torres-Carvajal, O., D. Salazar-Valenzuela, A. Merino-Viteri y D.A. Nicolalde. 2016. *ReptiliaWebEcuador*. Versión 2016.0. Museo de Zoología QCAZ, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.



EXPERIENCIAS

Gestión sostenible de recursos naturales en la Reserva Biológica Colonso Chalupas y su entorno

Jorge Ellis

Oficial Responsable del Sector de Ciencias Exactas y Naturales

Oficina de la UNESCO en Quito y Representación para Bolivia, Colombia, Ecuador y Venezuela

En un país megadiverso como Ecuador, con una Constitución que reconoce a la naturaleza como sujeto de derechos, en alianza con la Cooperación Española en el país, la Universidad Regional Amazónica Ikiam y la participación de otros actores como el Ministerio del Ambiente (Planta Central y Coordinación Zonal en Tena) así como a comunidades locales, la UNESCO ha desarrollado durante tres años un ejercicio de investigación, desarrollo e innovación en torno a la gestión sostenible de los recursos naturales de una región especial de la geografía nacional.

A través del proyecto “Diseño y aplicación de un modelo de gestión participativa que promueva la investigación, educación, conservación y uso sostenible de la Reserva Biológica Colonso Chalupas y su entorno, aplicando el concepto de reserva de biosfera”, financiado con fondos de la Cooperación Española, y con aportes propios y de otras instituciones, se ha facilitado, especialmente, la participación y el fortalecimiento de las capacidades de mujeres, jóvenes y líderes comunitarios. En plena celebración del Año Internacional de las Lenguas Indígenas (2019), se destaca la integración de componentes indígenas y diálogo de saberes en la implementación del proyecto referido.

Con la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible como gran sombrilla general y la contribución a Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), como el ODS 4 (Educación de Calidad), ODS 5 (Igualdad de Género), ODS 6 (Agua Limpia y Saneamiento) y ODS 15 (Vida de Ecosistemas Terrestres), este proyecto tripartito AECID-IKIAM-UNESCO se ejecutó dentro de un contexto geográfico e institucional complejo, y en el marco de tres de los programas científicos internacionales de la

UNESCO. Estos son el Programa sobre el Hombre y la Biosfera (Programa MAB, por su acrónimo inglés), el Programa Hidrológico Internacional (PHI) y el Programa Internacional de Ciencias de la Tierra y Geoparques; asimismo, se involucró al Programa sobre Sistemas de Conocimientos Locales e Indígenas (LINKS, por su acrónimo inglés) de la UNESCO.

De esta forma, se agregó valor a diferentes procesos y acciones apoyados por el proyecto, con la visión de garantizar su sostenibilidad. A manera de ejemplo, la propuesta de Cátedra UNESCO “Manejo de Aguas Dulces Tropicales”, en cuya preparación y articulación con otras entidades el proyecto colaborara, fue aprobada poco después de la finalización del proyecto.

Por su parte, las reservas de biosfera y los geoparques mundiales de la UNESCO son territorios de excelencia, con nominación internacional de esta Organización, que aplican en su gestión modelos de desarrollo sostenible.

Para el Programa MAB, la Cooperación Española constituye un socio de primordial relevancia. Ecuador cuenta con siete sitios inscritos en la Red Mundial de Reservas de Biosfera, incluyendo la primera reserva de biosfera trasfronteriza en América del Sur (Bosques de Paz, compartida con Perú). A través del proyecto tripartito, se trabajaron elementos y estrategias de reservas de biosfera con modelos de gestión participativa en la Reserva Biológica Colonso Chalupas (RBCC) y su entorno, vecina de la Reserva de Biosfera Sumaco. Como ejemplo puntual, el proyecto apoyó la realización del Primer Foro de Jóvenes de IberoMAB, la Red de Comités MAB y Reservas de Biosfera de Iberoamérica y el Caribe, que se llevó a cabo en Ecuador en diciembre de 2018.

Adicionalmente, se condujo un complejo y exitoso proceso de búsqueda de consensos y negociaciones para la realización del legado principal del proyecto: la construcción de una estación científica, con las excepcionalidades del caso, dentro de un área protegida y con características tan particulares como las de la RBCC, incluyendo la complicada accesibilidad, las distancias involucradas y las fuertes pendientes de los senderos hacia el sitio donde se erigió la estación.

Uno de los productos que muestra el enfoque multiactor con el que se ejecutó dicho proyecto es el video sobre el Plan Técnico de Comunicación, Educación y Participación Ambiental de la RBCC, que incluye la participación de AECID Ecuador, de Ikiam y del Ministerio del Ambiente. El proyecto produjo el video en español y en kichwa, el cual está disponible en línea (<https://youtu.be/PzBJDdN3EhU>, versión en español; <https://youtu.be/88EbIWsecjs>, en kichwa).

De igual forma, el proyecto tripartito apoyó el proceso que ejecutan Ikiam y el Gobierno Provincial de Napo, en colaboración con otras instituciones, para poner en marcha y preparar la propuesta de “Geoparque Napo Sumaco”. Otra de las acciones con las que colaboró esta iniciativa

fue la realización del II Encuentro de Geoparques de Ecuador, desarrollado con éxito y presencia internacional en Tena, el pasado octubre de 2018. A su vez, generó el “Diálogo” entre procesos de reservas de biosfera y geoparques mundiales de la UNESCO, como el Encuentro desarrollado en noviembre del año pasado.

Las actividades realizadas fueron ajustadas a las necesidades de Ikiam, a sus cambiantes coyunturas y capacidades instaladas, y a la disponibilidad presupuestaria del proyecto, potenciando la colaboración interinstitucional en el marco de acciones para generar una gestión participativa de la RBCC y su entorno, optimizando así los resultados con los recursos que también aportaban distintas instituciones. Instancias como la Cátedra UNESCO en Ikiam y el Proyecto de Geoparque Napo Sumaco, no previstas originalmente, contribuyen a dar sostenibilidad y trascendencia a procesos promovidos durante la ejecución del proyecto.

Entre las múltiples acciones, productos y resultados del proyecto, se destacó el instaurar una relación colaborativa entre los principales actores del territorio, que incluye la modalidad de jornadas y talleres con participación y diálogo entre diversas instituciones y personas; y el protagonismo de Ikiam fortalecido a nivel local y nacional, así como el proceso del Proyecto de Geoparque Napo Sumaco y la Cátedra UNESCO, y también el proceso del Plan Técnico de Comunicación, Educación y Participación Ambiental de la RBCC.

Finalmente, se enfatiza el enfoque de género presente en forma transversal en la ejecución de esta importante iniciativa, como contribución a nivel local al ODS 5 de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, y el enfoque de interculturalidad, así como el empoderamiento, el ceder protagonismo y dar la voz a jóvenes en instancias apoyadas por el proyecto tripartito.



CAPÍTULO 7

Investigando en Tecnología

Segunda fase del fortalecimiento del Instituto Geofísico: ampliación y modernización del Servicio Nacional de Sismología y Vulcanología (SNSV), financiado con el Programa de Canje de Deuda Ecuador - España (PCDEE)

Cristina Ramos

Jefe del Área Técnica del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional
Ingeniera en Electrónica y Telecomunicaciones, y Master Wireless System y tecnología relacionada

La investigación tecnológica representa una prioridad para Ecuador. A través del programa de Canje de Deuda, España ha apoyado la dotación de equipos en varias universidades del país con el fin de fortalecer el sistema de investigación nacional.

Resumen— En su segunda fase, el proyecto pretende densificar el número de instrumentos instalados en la zona costera ecuatoriana y en los volcanes activos, a fin de mejorar la vigilancia sísmica y volcánica, y renovar el Centro de datos de procesamiento, proveer a la comunidad un alertamiento sísmico y volcánico más eficiente.

Se realizaron 2 grandes actividades para conseguir el objetivo del proyecto que tiene una cobertura a nivel nacional, por lo que se realizó la implementación de la instrumentación sísmica y volcánica, y la red de telecomunicaciones que permita la transmisión en tiempo real al Centro de Datos del Instituto Geofísico, que, a su vez, también fue reforzado para procesar una cantidad de datos importante y poder emitir información relevante a la población que habita en zonas sísmicas y volcánicas en el Ecuador.

I. Objeto del Proyecto

Fortalecimiento del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IG-EPN) para ampliar y modernizar el Servicio Nacional de Sismología y Vulcanología Fase II, con la finalidad de obtener una cobertura instrumental adecuada a nivel de los volcanes activos y de la costa ecuatoriana que genere, en el corto plazo, información oportuna a instituciones nacionales y locales y, en el mediano y largo plazo, una base de datos de calidad y fácil acceso que contribuya a la realización de investigaciones científicas relevantes en las ciencias de los volcanes y de los terremotos, con miras a mejorar el conocimiento del peligro y a la reducción del riesgo sísmico y volcánico del país.

II. Antecedentes

En el campo de la sismología, el IG-EPN ha mantenido una actividad permanente en el país desde fines de los años 70's que tiene responsabilidad nacional a partir de 2003. El monitoreo

sísmico está agrupado en la Red Nacional de Sismología RENSIG, que consta de 90 instrumentos de banda ancha digitales de última tecnología y 30 instrumentos analógicos de tecnología de los años 80's y cubre el Valle Interandino, la parte Sur del Ecuador, con una densidad adecuada, mientras que la zona costera, y la región oriental tienen una densidad baja. El monitoreo acelerográfico se realiza con la Red Nacional de Acelerógrafos RENAC que consta de 80 acelerógrafos y 40 de ellos con transmisión digital de datos. El monitoreo geodésico está agrupado en la Red Nacional de Geodesia (RENGEO), que consta de 65 GPS y 13 inclinómetros.

El monitoreo de los volcanes del país se realiza a través de la Red Nacional de Observatorios Volcánicos (ROVIG) que mantiene el IG-EPN. La ROVIG consta de 6 observatorios que tienen un nivel de vigilancia alto. Estos observatorios utilizan técnicas de vigilancia sísmica (con redes de más de 4 instrumentos modernos BB), deformación de flancos, monitoreo de fluidos y flujos de lodo o lahares, especialmente en volcanes que se encuentran en procesos eruptivos, también se llevan a cabo observaciones visuales y térmicas de los procesos. Estos observatorios son los correspondientes a los volcanes Tungurahua, Cotopaxi, Reventador, Cayambe, Imbabura, y Guagua Pichincha. Tres observatorios tienen nivel intermedio con dos técnicas de monitoreo permanente y están en los volcanes Antizana, Cuicocha, Chimborazo y, por último, para los volcanes Ninahuilca, Pululahua, Cerro Negro, Sagoatoa, Iliniza, Sangay se tiene un nivel de vigilancia básico, constituido por una o dos estaciones sísmicas y/o GPS y observaciones ocasionales. A más de esto, en el campo del diagnóstico de las amenazas volcánicas, el Ecuador cuenta con mapas para 12 de sus volcanes activos. De estos, los volcanes Cotopaxi y Tungurahua tienen mapas de tercera generación que implican el haber sido revisados y calibrados con erupciones históricas, y han sido escritos para el ciudadano educado.

La información sísmica se procesa 24/7 a partir del año 1998 de manera manual, lo que implica que, para fenómenos que

demandan una respuesta inmediata como serían el avance de un flujo de lodo o la presencia de flujos piro plásticos, la potencial generación de tsunamis, luego de un terremoto grande en la zona de subducción, o la determinación preliminar de daños potenciales por intensidades sísmicas altas; por eso, hay tiempos de espera incompatibles con la urgencia de las decisiones que se deban tomar. Los procedimientos de entrega de la información también carecen de la automatización necesaria que permite la tecnología actual.

Por lo que nace la necesidad de contar con un moderno servicio nacional de sismología y vulcanología que sea de última tecnología, moderno, lo más automatizado posible en todos sus aspectos, con controles automáticos que aseguren un funcionamiento 24/7 a un altísimo porcentaje de confianza, puesto que de ello depende en última instancia la seguridad e inclusive la vida de la gente. El Gobierno ha invertido alrededor de USD 8'831.000 millones de dólares entre los desembolsos de la primera fase del proyecto y los fondos propios de la Escuela Politécnica Nacional. Luego de las erupciones de los volcanes Pichincha, Reventador y Tungurahua, sobre todo de este último, por la persistencia de la crisis y del trabajo constante que ha realizado el Instituto Geofísico a nivel local en las provincias de Tungurahua y Chimborazo emitiendo alertas tempranas que han resultado muy efectivas para proteger la vida de los habitantes, existe mayor conciencia ciudadana y reconocimiento de las autoridades tanto nacionales como locales.

III. Metodología utilizada para el planteamiento y ejecución

La metodología utilizada para lograr el objetivo del proyecto implicó algunas fases y el trabajo conjunto de científicos, técnicos y profesionales en algunas áreas de conocimiento y se basó en las siguientes actividades:

Recopilación de la información que permita un análisis de la situación actual, a través de todos los estudios pertinentes.

Análisis del riesgo sísmico y volcánico del porcentaje de cobertura instrumental en el país, de las zonas no cubiertas en la fase I, tanto por instrumentos de monitoreo, como de redes de comunicaciones.

Identificación de los elementos necesarios para complementar las redes instrumentales de monitoreo sísmico y volcánico y los sistemas de transmisión de datos, lo que permitió formular las ideas básicas de la propuesta.

Propuesta en base a la información analizada, se armó una red complementaria a la ya existente para mejorar las coberturas instrumentales en el país, en las zonas de mayor riesgo.

Diseño de cada uno de los elementos que forman la red complementaria de monitoreo.

Elaboración de especificaciones técnicas de todos los instrumentos a adquirirse dentro del proyecto.

Búsqueda de sitios para la implementación de cada una de las estaciones a instalarse, que cumpla con los requerimientos para obtener datos de alta calidad y confiabilidad, y así obtención de permisos.

Adecuación de infraestructura en cada uno de los lugares para lograr albergar los equipos que forman parte del proyecto.

Instalación y puesta en marcha se la realizó en el año 2016, mediante varias comisiones simultáneas en todo el país por varios meses.

IV. Actividades relevantes del proyecto

1. Ampliación de las redes instrumentales que conforman el Servicio Nacional de Sismología y Vulcanología:

- Red Nacional de Sismógrafos (RENSIG)
 - Red Nacional de Observatorios Volcánicos (ROVIG)
 - Red Nacional de Geodesia (RENGEO)
 - Red Nacional de Acelerógrafos (RENAC)
 - Red Nacional de Repetidoras (REPET)
- Estaciones Sísmicas: 7 de banda ancha con sensores de 120 segundos en: San Lorenzo, Macará, Zumba, Cerro Blanco, Alamor, Cascol y Jipijapa.
 - Sísmicas Volcánicas: 4 para: volcán Tungurahua, Retu, Tuyu, Arrayán y Juive
 - GPS: 10, Chalpatán, San Lorenzo, Mompiche, Puerto Cayo, Volcán Cotopaxi, Arenillas, Machalilla, Ayangue, Bellavista, Río Verde.
 - Acelerógrafos: 7 en Coca, Cuenca, El Carmen, Cerro 507, Huaquillas, Tulcán, Pedro Carbo.
 - Enlaces microondas: 10 en San Lorenzo- Cerro Negro, Cerro Negro – Cotacachi, Loma de Viento – Cerro Chispas, Atacazo – Monjas, Gatazo – Zapallo, Zapallo – La Juanita,

Se logró ampliar el número de estaciones y cobertura de las redes de monitoreo sísmico, geodésico, volcánico y la red de repetidoras, con equipos de última tecnología.

Con el proyecto, se logró instalar la siguiente instrumentación:



Figura 1. Estación sísmica Alamor.



Figura 2. Estación Cerro Negro (frontera Ecuador- Colombia), repetidora de microonda.



Figura 3. Estación GPS en Bellavista - Quito.

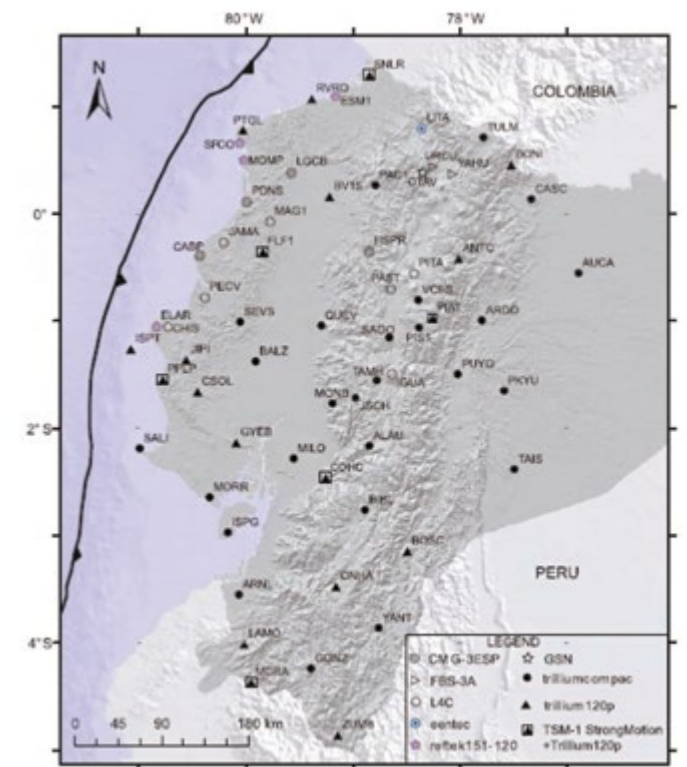


Figura 4. Red Sísmica Nacional Actual.

La Juanita – Atacazo, Capadia- Pilisurco, Capadia – Cerro 507, Capadia – Padre Urcu.

- Enlaces de radio: 30 implementados a nivel nacional para proveer acceso a transmisión en tiempo real de estaciones de la I fase del proyecto.
- Discos de expansión: 12.
- Nodos computacionales: 3.
- Central telefónica: 1.
- Provincias directamente beneficiadas: 14 a nivel nacional.

Todo el equipamiento recibido con los fondos del Programa de Canje de Deuda Ecuador – España fue recibido a conformidad y todo se encuentra funcionando; todos los equipos ya han sido instalados en campo, lo cual ha permitido incrementar la densidad de estaciones de monitoreo sísmico, geodésico y acelerográfico, principalmente, en la Costa Ecuatoriana; además, la ampliación de la red microonda permitió la conexión en tiempo real de muchas estaciones de la primera fase del proyecto, lo que ha permitido incrementar la respuesta del Instituto Geofísico ante los eventos sísmicos y, de esta manera, difundir la información hacia las autoridades y la población en general.

Además, los sensores instalados abarcan un mayor rango de frecuencias, lo que permite mejorar la precisión en la localización.

- Fortalecimiento de la nueva tecnología de la plataforma del Centro de Procesamiento, Información y Alerta Sísmica y Volcánica del Servicio Nacional de Sismología y Vulcanología e implementación de red de telefonía IP.

En la figura 4, se visualiza la Red Sísmica Nacional Actual con estaciones de la I y II fase del proyecto:

V. Ejecución presupuestaria anual

El Proyecto de Inversión, segunda fase del Fortalecimiento del Instituto Geofísico, Ampliación y Modernización del Servicio Nacional de Sismología y Vulcanología se encuentra legalizado con la suscripción del Contrato No. 056-2014. La cláusula Cuarta señala el precio del contrato, el mismo que asciende al valor de USD 1'858.347,56 millones más IVA. Este presupuesto fue ejecutado en un 84.05% en el año 2015 y el 15.95% en el año 2016. Es importante señalar que la contraparte local que equivale al valor del IVA fue cubierto con recursos institucionales. Además, el Instituto Geofísico cubrió todos los gastos de logística y viáticos de los funcionarios, así como de toda la adecuación de la infraestructura para lograr la implementación del proyecto.

VI. Resultados alcanzados

Dentro de las líneas de investigación planteadas se tienen los siguientes resultados:

1. Ampliación de las redes instrumentales que conforman el Servicio Nacional de Sismología y Vulcanología

- Las redes instrumentales están operando tanto en la primera como segunda fase del proyecto.
- Transmisión en tiempo real del 98% de las estaciones instaladas a nivel nacional.

2. Caracterización del fallamiento activo actual e inmediatamente anterior al tiempo presente / Reconocimiento y características de los sismos tsunamigénicos

3. Evaluación del peligro sísmico en el Ecuador

La ampliación de la cobertura a nivel nacional con estaciones de monitoreo sísmico y geodésico ha permitido:

- Durante el 2017: Se localizaron más de 5000 eventos con magnitudes entre 2 y 6.0. Resalta la sismicidad de las réplicas del sismo de Pedernales, así como la sismicidad en el Golfo de Guayaquil. Otro sitio de actividad sísmica importante se ubica en la zona oriental, entre Pisayambo y el Puyo, en este último lugar con sismos profundos, que es una característica de la zona.
- Durante el 2018: Se generaron informes sísmicos y volcánicos de actividad diaria, 30 informes especiales; de los cuales, 15 se generaron en los volcanes Chiles, Cuicocha, Reventador y Sangay y 15 informes especiales sísmicos.
- Registrar 5762 eventos de origen tectónico con magnitudes de hasta 6.5.

4. Caracterización de la deformación relacionada con la actividad volcánica

El ciclo sísmico y los procesos de ruptura: caracterización sísmica de la zona de subducción y de las fuentes sísmicas corticales en el Ecuador.

5. Evaluación del peligro volcánico

- En el volcán Cotopaxi se emitieron durante el 2017: 1 informe especial, 365 informes diarios, 6 informes de ocurrencia de lahares secundarios, 15 informes semanales, 366 IGALDía y 91 IGALInstante. Durante el 2018: 365 informes diarios.
- En el volcán Tungurahua se generaron durante el 2017: 1 Informe especial, 350 informes diarios, 16 informes secundarios, 90 IGALInstante, 150 IGALDía y 51 informes del Observatorio del volcán Tungurahua. Durante el 2018: 201 informes diarios, 23 informes semanales.

Con los datos recibidos en tiempo real de las estaciones instaladas se ha logrado la siguiente producción científica:

- 7 artículos científicos en Revistas clase A.
- 10 resúmenes para congresos científicos nacionales e internacionales.
- 2 tesis doctorales en curso

6. Desarrollo de herramientas informáticas para la gestión de datos instrumentales y difusión de resultados

- Se completó la iteración IV del "Sistema de Administración y Monitoreo de Actividad Sísmica y Volcánica", y se mejoró varias tareas que se suscitaron largo de su implementación.
- Se crearon mapas de la sismicidad de los últimos 180 días de 9 volcanes, que registran actividad sísmica del

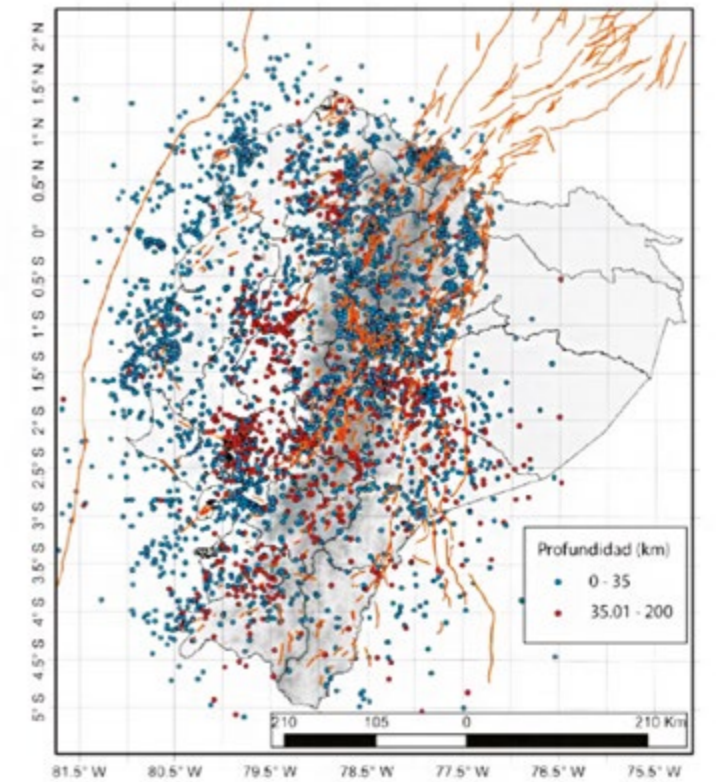


Figura 5. Eventos sísmicos registrados durante el 2018 con la instrumentación instalada en las 2 fases del proyecto.

Ecuador en los volcanes: Antisana, Chiles – Cerro Negro, Cayambe, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo, Reventador, Cotacachi-Cuicocha, Pichincha. Estos mapas siempre están actualizados.

- Se creó un mapa de los picks de las últimas 48 horas que se recibe en las diferentes estaciones que llegan al sistema Seiscomp3, con la finalidad de tener una imagen global de las estaciones que están en funcionamiento y las que no.
- Se automatizó la difusión de eventos sísmicos y volcánicos por medio de redes sociales a la población en general, llegando a más de 1 millón de seguidores.

VII. Beneficiarios del proyecto

Beneficiarios directos:

- Autoridades nacionales, locales y equipos de emergencia.
- Organismos de emergencia y autoridades locales.
- Investigadores.
- Población en zonas de riesgo.

Beneficiarios indirectos:

- Código ecuatoriano de la construcción y organismos de planificación del Estado.
- Autoridades locales y organismos de planificación.
- El Estado y gobiernos seccionales.

VIII. Impacto económico del proyecto

El proyecto tiene un impacto económico a largo plazo, ya que el objetivo con toda la instrumentación instalada y las investigaciones realizadas y por hacerse es lograr incidir en las políticas públicas de planificación para construir edificaciones u obras estratégicas, considerando las zonas de mayor amenaza sísmica o volcánica que a futuro incidirán en menores pérdidas económicas para el país.

IX. Impacto social del proyecto

Alrededor del 87 % de la población del país se encuentra ubicada en las zonas de mayor amenaza sísmica, por lo que el proyecto en su fase I y II, actualmente, permite que la población en las zonas de riesgo se encuentre informada y capacitada ante eventos sísmicos y volcánicos, además de ser la población que debe ser atendida por la Secretaría de Gestión de Riesgos, en caso de emergencia.

En función de la distribución de la población del país, estimada por el modelo LandScan 2008, se obtiene que aproximadamente un 44 % de la población del país habita la región de la Zona IV y estaría sujeta al mayor impacto por fenómenos directos e indirectos en caso de un terremoto en la misma, donde se presentarían aceleraciones máximas del suelo del orden de 0.40 de g ($g = \text{valor de aceleración de la gravedad, } 9.81\text{m/seg}^2$); alrededor del 43 % de la población se ubica en la Zona III, donde se esperarían aceleraciones máximas del suelo del orden de 0.35 de la gravedad; poco más o menos del 12 % de la población del país se ubica en la Zona II, con aceleraciones de 0.30 g; y por último la Zona I, donde reside alrededor del 1 % de la población. Toda esta distribución (Figura 6) estaría sujeta a un impacto menor que las zonas anteriores. En la Tabla 1 se resume esta información. En consecuencia, es toda la población del Ecuador la que se debería considerar como la aquella que demanda la provisión de servicios relacionados al conocimiento de la actividad sísmica en el país.

El impacto mayor radica en la reducción del riesgo sísmico y volcánico que afecta al país. Cada terremoto grande y cada erupción volcánica importante han constituido factores

Zona	Factor aceleración (g)	Población	Porcentaje %
IV	0.40	7'522.588	44
III	0.35	7'351.619	43
II	0.30	2'051.615	12
I	0.15	170.967	1
		17'096.789	100

Tabla 1. Distribución de la población del país dentro de las zonas de amenaza sísmica.

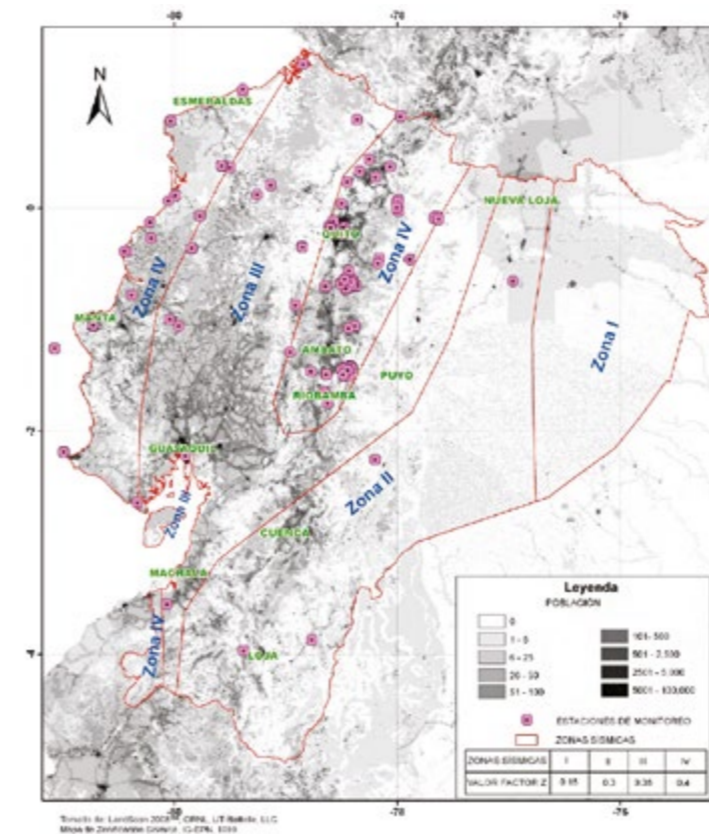


Figura 6. Distribución de la población del país dentro de las zonas de amenaza sísmica, y la disponibilidad de instrumentación de monitoreo sísmico en el país en la fase I.

fundamentales en el freno a los procesos de desarrollo local, regional e inclusive nacional, dependiendo del tamaño del impacto causado por dichos fenómenos naturales.

El país en su conjunto está grandemente beneficiado, ya que el conocimiento y los servicios entregados por este proyecto se derivan en acciones específicas para reducir las vulnerabilidades existentes y para atender de mejor manera las emergencias sísmicas y volcánicas. Adicionalmente, la capacidad científica

del país en este campo se ha incrementado de manera sustancial, ya que se cuenta con datos e información científica de alta calidad, bien manejada y continua en el tiempo, con la cual los científicos ya están realizando investigación de punta y aplicaciones innovadoras para beneficio de la sociedad.

X. Publicaciones

Con los datos generados con la instrumentación instalada a nivel nacional se ha realizado algunas publicaciones de relevancia, entre las cuales se pueden citar las 3 más importantes:

1. Seismic, Volcanic, and Geodetic Networks in Ecuador: Building Capacity for Monitoring and Research. <https://pubs.geoscienceworld.org/ssa/srl/article-abstract/89/2A/432/528855/seismic-volcanic-and-geodetic-networks-in-ecuador?redirectedFrom=fulltext>.
2. Monitoring the Earthquake Cycle in the Northern Andes from the Ecuadorian cGPS Network. <https://pubs.geoscienceworld.org/ssa/srl/article-abstract/89/2A/534/528166/monitoring-the-earthquake-cycle-in-the-northern?redirectedFrom=fulltext>
3. A New Seismic Hazard Model for Ecuador <https://pubs.geoscienceworld.org/ssa/bssa/article-abstract/108/3A/1443/530020/a-new-seismic-hazard-model-for-ecuadora-new?redirectedFrom=fulltext>.

XI. Conclusiones

- Los objetivos del proyecto de inversión se cumplieron de forma oportuna y adecuada.
- Se ejecutó el cien por ciento del presupuesto asignado
- Se realizó una auditoría externa al Proyecto, la cual determinó el cabal cumplimiento.

El proyecto ha permitido incrementar la capacidad de respuesta ante eventos sísmicos y volcánicos, ya que ha provisto de importante equipamiento para ampliar la red instrumental, además se ha considerado repuestos para mantener la red funcionando 100%.

Las fuentes de financiamiento actuales para garantizar la sostenibilidad en el tiempo son:

- Asignación gubernamental.
- Recursos de la EPN.
- Convenios con Universidades Nacionales y Extranjeras, Municipios, Entidades Gubernamentales (CELEC, SGR, ECU-911) e Institutos de Investigación.
- Proyecto de investigación aprobados por la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT).

El trabajo conjunto a altos niveles con objetivos de proyecto que impacten en un grupo alto de población, con el seguimiento adecuado y con una sostenibilidad garantizada, permite el desarrollo y la implementación de herramientas para dar servicio a la comunidad.

A través de procesos de licitación, se obtienen las mejores opciones en cuanto a calidad y precio, por lo que deberían potencializarse más adelante este tipo de procesos para la adquisición de bienes y/o servicios.

La ejecución de este proyecto fue posible gracias a los recursos humanos y logísticos con que contaba la entidad, ya que implicó mucho trabajo, gran experiencia y buena voluntad de un gran grupo de personas.

La creación del Programa de Canje de Deuda ha sido una gran iniciativa para mejorar el equipamiento de las universidades,

mediante proyectos con líneas de investigación claras en beneficio de una gran colectividad; que a largo plazo permitan tener mejor calidad de vida de la población y, en este caso, una mejor resiliencia ante los fenómenos naturales, ya que el Ecuador es un país con alto riesgo sísmico y volcánico.

El monitoreo constante del proyecto por parte del PCDEE es importante para que las líneas de investigación lleguen a ejecutarse y se cumplan los objetivos generales planteados en los proyectos.

Agradecimientos

La ejecución de este proyecto se dio gracias a la inversión del Programa de Canje de Deuda Ecuador – España y a la Escuela Politécnica Nacional, al trabajo de muchos funcionarios del Instituto Geofísico, especialmente al Área Técnica que tuvo largas horas de viaje y trabajo en todo el país. Se agradece especialmente a instituciones aliadas como Petroecuador, Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas, Ministerio de Ambiente y Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC).

Referencias Bibliográficas:

Alvarado A., Ruiz M., Mothes P, Yepes H., Segovia M., Vaca M, Ramos C, Enríquez W., Ponce G, Jarrín P, Aguilar J, Acero W, Vaca S, Singaicho J, Pacheco C, Córdova. " Seismic Volcanic, and Geodetic Networks in Ecuador: Building Capacity for Monitoring and Research" Seismology Research Letter, Febrero 2018.

EXPERIENCIAS

La contribución del programa Canje de deuda Ecuador – España al conocimiento y a la cooperación

Carla Cohí

Consejera Económica y Comercial de la Embajada de España en Ecuador

Con la colaboración de

Luis Rodas y Karina Osejos

El 14 de marzo de 2005, España y Ecuador suscribieron el Programa de Conversión de Deuda, un mecanismo por el cual, la deuda que Ecuador contrajo frente a España se convertiría, en proyectos de desarrollo, preferentemente, en las provincias más afectadas por el proceso migratorio, y en aquellas zonas de especial vulnerabilidad o pobreza, con el objeto de contribuir al crecimiento económico y al desarrollo social del país.

La deuda vinculada a este programa tiene su origen en préstamos otorgados con cargo al Fondo de Ayuda al Desarrollo (FAD) español, por un total de 50 millones de dólares, y a la decisión del Gobierno español de promover las relaciones de cooperación hispano-ecuatorianas y contribuir a su progreso.

A lo largo de la ejecución del programa, se han distinguido tres etapas en las que, desde diferentes ámbitos, se ha impulsado el conocimiento y el desarrollo integral. En la primera etapa, se ejecutaron 22 proyectos educativos orientados a la universalización de la educación básica, capacitación y formación de docentes, equipamiento, adquisición de material didáctico, bienestar estudiantil, participación de la comunidad en los procesos educativos e inclusión de niños y niñas con capacidades especiales. Para este trabajo, se destinaron un total de 20,5 millones de dólares y 17 millones adicionales fueron aportados por la contraparte local, evidenciando el efecto catalizador de estos recursos.



En la segunda etapa, se ejecutaron varios proyectos del Ministerio de Educación, como: la construcción de cuatro “Unidades Educativas del Milenio Frontera Norte”, por un monto de alrededor de 6 millones de dólares, adicional al aporte local aproximado de 4,6 millones. También se financió la construcción de 14 albergues ubicados en los predios de las escuelas existentes en las provincias de Guayas, Los Ríos y Manabí, con recursos por 4,3 millones y un aporte local de 1,3 millones. De igual forma, se aprobó financiamiento para ejecutar tres proyectos para la Secretaría Nacional del Migrante (SENAMI): la Red Nacional de Casas para Personas Migrantes en el Ecuador, la Red de Oficinas de Acompañamiento a la Iniciativa Empresarial y las Escuelas Cercanas por un valor asignado de alrededor de 1,47 millones y una contraparte de 4,8 millones.

En esa misma etapa, adicionalmente, se aportó al Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), a través de la Secretaría del Agua (SENAGUA), un financiamiento por un total de 0,25 millones para ejecutar el proyecto “Sistemas de Agua Potable y Saneamiento para la parroquia San Francisco de Ónzole, en la provincia de Esmeraldas”.

Por otro lado, en la tercera etapa, es decir, la que se encuentra en ejecución actualmente, se han aprobado 9 proyectos en el ámbito de la ciencia, la tecnología y la innovación y/o investigación, y han sido beneficiarias universidades y escuelas superiores, que han podido realizar investigaciones con gran repercusión en distintos ámbitos del conocimiento, como por ejemplo: la Universidad de Cuenca implementó el proyecto Centro Científico y Tecnológico Balzay, en el cual se crearon y fortalecieron laboratorios, mediante la instalación de equipamiento especializado: Laboratorio de Micro-red, Laboratorio de Dinámica de Fluidos, Laboratorio de Bioenergía, Laboratorio de Edificación y Ciudades Sostenibles, Laboratorio de Geomática Aplicada, y Laboratorio de Computación de altas prestaciones y visualización de datos. En este caso, el aporte fue de 2,5 millones de dólares y la contraparte local de 0,6 millones.

Con una inversión aproximada de 1,85 millones complementado con 0,24 millones locales, la Escuela Politécnica Nacional desarrolló la “Segunda Fase del Fortalecimiento del Instituto Geofísico, Ampliación y Modernización del Servicio Nacional de Sismología y Vulcanología (SNSV)”, con el fin de ampliar y modernizar este servicio y así obtener una cobertura instrumental adecuada de los volcanes activos y de la costa ecuatoriana.

La Empresa Pública Yachay EP implementó el proyecto “Equipamiento Tecnológico para la Universidad de Investigación de Tecnología Experimental Yachay – Primera Fase”, en el cual se dotó de la más alta tecnología de almacenamiento y procesamiento de datos, a través de un Data Center innovador y una red de telecomunicaciones para el adecuado funcionamiento y gestión de la Ciudad Universitaria. Este proyecto contó con una participación del programa de 3 millones de dólares y una contraparte local de casi 0,7 millones.

También se financió con 1,8 millones (contraparte local de 0,3 millones) el proyecto de la Universidad Técnica de Ambato, que consistió en el “Fortalecimiento de la Unidad Operativa de Investigación en Tecnología de Alimentos (UCITA) para la Investigación, Tecnología e Innovación en el Área de Alimentos, con el fin de promover la generación y el desarrollo de empresas agroindustriales en la Zona 3 del país, y monitoreo del contenido de metales pesados en los cultivos afectados por las cenizas provenientes de las erupciones volcánicas del Tungurahua”, equipando el área de innovación científica y tecnológica de la Unidad Operativa de Investigación en Tecnología de Alimentos.

La Universidad Estatal de Bolívar ejecutó el innovador proyecto “Equipamiento del Centro de Investigación y Desarrollo Biotecnológico para el Desarrollo de Investigaciones Prioritarias y Estratégicas en Aplicaciones del Agro y de la Industria en la provincia de Bolívar”, equipando los laboratorios de este centro investigativo. Para ponerlo en marcha, obtuvo casi 1 millón de dólares de financiamiento, así como recursos locales adicionales de 0,32 millones, aproximadamente.

La Universidad Técnica del Norte desarrolló el proyecto “Articulación de la Investigación y Vinculación con la Comunidad de la Universidad Técnica del Norte, para el Fortalecimiento del Desarrollo Agroindustrial de la Zona 1, a través de la generación de Valor Agregado de la Producción de Pequeños y Medianos Productores”, que equipó los laboratorios de Mecatrónica y Bioprocesos de este centro de estudios. La contribución económica fue de 1,5 millones de dólares, siendo la contraparte local de 0,5 millones.

Además, actualmente, se encuentran en ejecución otros proyectos, orientados a la investigación y a la reconstrucción de servicios básicos sanitarios tras el terremoto que asoló la costa de Ecuador en el 2016.

Por un lado, el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias se encuentra ejecutando el proyecto “Adquisición de Equipos para el Fortalecimiento de Laboratorios de Investigación agrónoma de la Estación Experimental Santa Catalina Tropical Pichilingue del INIAP”. La contribución del Programa ha sido de 2 millones, añadiendo 0,3 millones del presupuesto de las autoridades locales.

De igual manera, la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación mantiene en marcha el proyecto “Dotación de Equipamiento Especializado para los Institutos Superiores Tecnológicos Carlos Cisneros de Riobamba y Francisco Febres Cordero de Cuenca”, en el cual se contempla dotar de equipamiento especializado en electrónica y metalmecánica para talleres y laboratorios de los Institutos Tecnológicos con un presupuesto de 2,7 millones y financiamiento local adicional de 0,32 millones.

Finalmente, el Ministerio de Salud Pública se encuentra ejecutando el proyecto “Reconstrucción y Rehabilitación de Infraestructura Física de 43 centros de salud de las zonas afectadas por el terremoto de 2016”, que contempla la rehabilitación y la mejora de la calidad de la prestación de servicios de salud, en la provincia de Manabí. Los recursos con los que cuenta son de 2,8 millones de dólares, así como una inversión local adicional de 0,34 millones.

En definitiva, el Programa de Conversión de Deuda Ecuador-España se ha convertido en un instrumento generador de conocimiento y desarrollo social, que ha tenido en cuenta las necesidades y circunstancias específicas del país, a través del financiamiento de proyectos priorizados por ambos Gobiernos y con beneficios palpables en la sociedad.



CAPÍTULO 8

Investigando para el futuro

Experiencia de las Maestrías de Investigación

Darío Cepeda,
Director Consejo de Posgrado – Facultad de Ciencias Agrícolas
Universidad Central del Ecuador

Fortalecer la Educación Superior es una prioridad para la Cooperación Española en Ecuador. De tal manera, se han dedicado esfuerzos a ampliar la oferta académica, fomentar la internacionalización y mejorar las capacidades de las universidades públicas ecuatorianas.



El Consejo de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrícolas – FCAG, de la Universidad Central del Ecuador (UCE), es la unidad de apoyo académico encargada de la gestión, planificación y ejecución de los programas de posgrado (maestrías) profesionales y de investigación. Inició sus actividades en 1992, con la finalidad de ofertar especializaciones, diplomados, maestrías y desarrollar procesos de investigación. Desde esta fecha hasta el 2019, se han ejecutado 19 cohortes en varios programas con más de 230 estudiantes graduados bajo las diferentes modalidades.

A partir de 2016, la gestión del Consejo estuvo dirigida a concretar tres líneas de acción: i) Desarrollo y ejecución de programas de posgrado de investigación, ii) Impulso a las líneas de investigación, a través de programas de investigación de las maestrías y proyectos, y iii) Difusión de las investigaciones con la finalidad de promover el debate sobre la temática de agroecología y gestión de recursos hídricos.

En los últimos años, el énfasis que ha dado la FCAG para el fortalecimiento de sistemas productivos agroecológicos y la gestión integrada de los recursos hídricos se lo realiza con pensamiento crítico transversal que enlace docencia, investigación y vinculación con la colectividad en los diferentes niveles de formación académica. De esta manera, se cuestiona al régimen de desarrollo global, a los sistemas productivos destructivos para la sociedad y la naturaleza, a las prácticas que solo buscan la maximización de los beneficios financieros y que ponen en riesgo la diversidad de formas de vida. Se propone, entonces, un “nuevo paradigma social anclado en principios humanistas, ecologistas y de equidad, que privilegie la solidaridad y el trabajo por el bien común”.

El asumir los nuevos desafíos para el fortalecimiento de una agricultura agroecológica, con compromiso con los consumidores, trabajadores y agricultores y con la naturaleza; y una gestión justa y equitativa de los recursos hídricos bajo principios de equidad social y de género, nos plantea generar un

modelo de gestión que busca articular de manera más concreta los cinco niveles de formación universitaria, con la finalidad de generar un sistema integrado de formación y capacitación académica para los estudiantes actuales y futuros (Ilustración 1):

1. El **Tercer nivel** cuenta con dos carreras de pregrado: Ingeniería Agronómica (9 semestres) y Turismo (8 semestres).
2. El **Cuarto nivel** cuenta con un programa de maestría en ejecución: Maestría de Investigación en Gestión Integrada de Recursos Hídricos y Riego; y tres programas en construcción: Maestría de Investigación en Agroecología, Maestría de Investigación en Desarrollo Territorial y Programa de Doctorado en Gestión Integrada de Recursos Hídricos, así como dos programas no vigentes habilitados para emisión de títulos (Maestría en Economía Agrícola y Desarrollo Sustentable; y Maestría en Suelos y Nutrición de Plantas).

El diseño de los programas de maestría se ha desarrollado pensando en la continuidad académica de los estudiantes de pregrado que buscan áreas de especialización, de acuerdo a las líneas de trabajo y el enfoque de los profesores de las carreras de tercer nivel.

3. **La Formación Intermedia en Tecnologías** se encuentra en proceso de construcción y tiene la finalidad de brindar a los estudiantes tecnólogos las herramientas necesarias para el desenvolvimiento dentro de áreas como la producción agroecológica y producción bajo riego, especialidades fortalecidas dentro de la FCAG.
4. **La Capacitación a Agricultores, Técnicos y Servidores Turísticos** es un trabajo en construcción con el fin de fortalecer, a través de cursos, seminarios y escuelas de formación, experiencias concretas relacionadas a la producción agroecológica, producción bajo riego y turismo ecológico.
5. **Los Espacios de Análisis y Generación de Propuestas de Política Pública** se han constituido como referentes

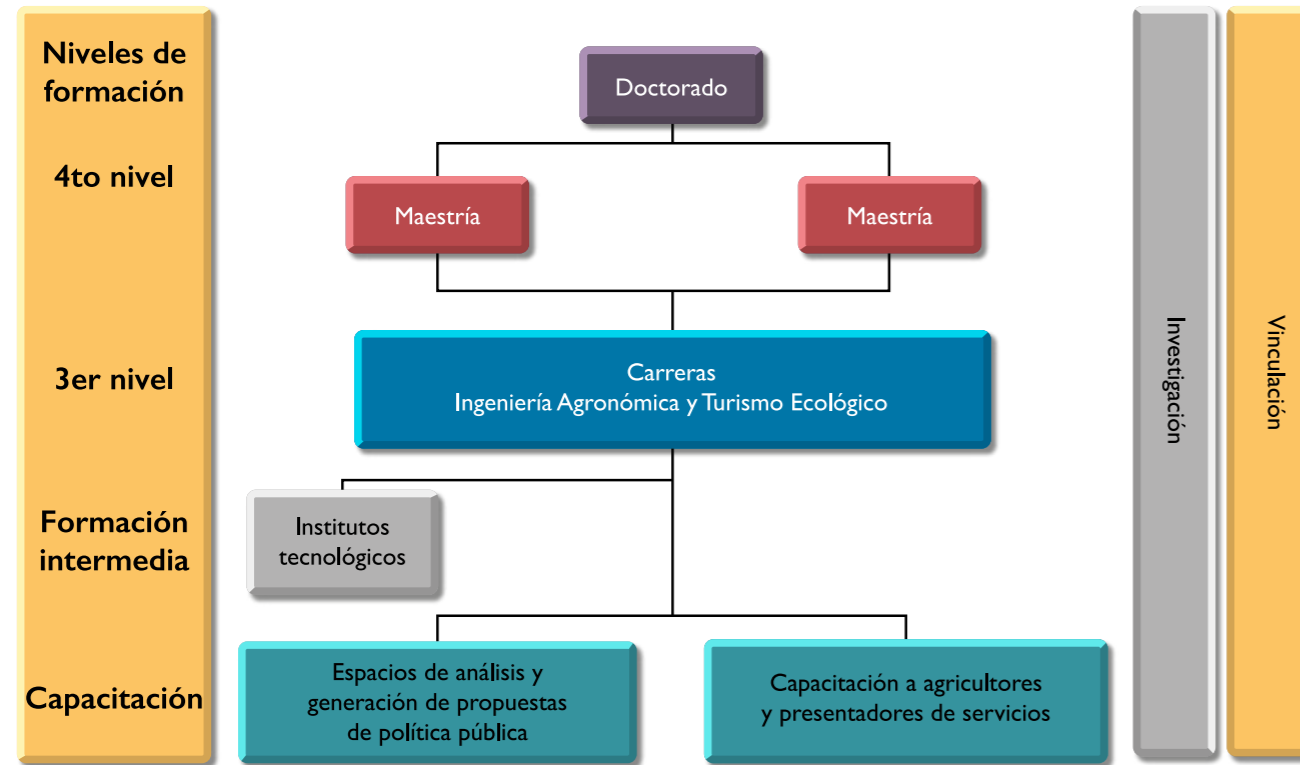


Ilustración 1: Ejes de articulación académica de la FCAg en ejecución y proyectados.

para el análisis y generación de propuestas de política local y nacional sobre desarrollo agrario nacional, a través del diálogo conjunto entre investigadores, campesinos, organizaciones sociales, organizaciones no gubernamentales e institucionales públicas. Dos foros nacionales constituyen este espacio de encuentro, organizados por la FCAg: el Foro Nacional de los Recursos Hídricos y el Foro de Agroecología.

El planteamiento estratégico reconoce que la articulación académica entre los diferentes niveles de formación solo se puede realizar si existe un esfuerzo de vincular docentes, estudiantes y organizaciones en proyectos de investigación y vinculación dentro de cada nivel de formación. La FCAg ha garantizado que docentes distribuyan su trabajo de docencia entre clases de pregrado y posgrado, principalmente, y que los estudiantes de diferentes niveles se involucren de manera más permanente en proyectos de vinculación.

I. Articulación docencia-investigación-vinculación

La orientación estratégica de la FCAg se construye desde la convicción de que solamente se puede garantizar calidad académica universitaria, a través de la articulación entre la docencia, la investigación y la vinculación con la sociedad. Así, se considera que no es suficiente impartir conocimientos teóricos en las aulas, si no se consideran las prácticas investigativas en campo y la generación de herramientas de acción política participativa y prácticas profesionales que permitan a los docentes y estudiantes vincularse y contribuir con la sociedad.

Se busca lograr un equilibrio entre la teoría, la práctica, la investigación y la acción de proyectos de vinculación que permitan conocer las realidades de los territorios y las diferentes formas de gestión de los recursos, las formas de producción agrícola y la organización social.

II. Modelo de gestión

Cada vez más, la universidad dedicada a la investigación de alto nivel (posgrado) necesita relacionarse con actores de la sociedad más allá de la Academia. El modelo de gestión del posgrado y sus programas tiene cinco niveles interrelacionados entre sí, explicados en la primera sección de este documento. ¿Cómo implementarlo en mediano y largo plazo? ¿Cómo consolidar los programas y sus ejes de investigación?

La propuesta del posgrado es fortalecer su institucionalidad con la formalización de relaciones con organizaciones de la sociedad civil (Ejemplo: organizaciones sociales de base, organizaciones no gubernamentales-ONGs-, sindicatos de trabajadores, empresas públicas y privadas, organizaciones comunitarias, etc.). Las distintas organizaciones de la sociedad civil se establecerán como un 'Comité de gestión' para facilitar, proponer y evaluar las investigaciones generadas y sus impactos. El proceso de participación de los actores de este comité deberá articularse con publicaciones académicas alternativas.

III. Producción intelectual alternativa

La base fundamental de la orientación estratégica de la FCAg se centra en el pensamiento crítico que se aplica de manera transversal en la articulación entre los diferentes niveles de formación, la relación docencia-investigación-vinculación, el esfuerzo por la internacionalización y el énfasis en generar un modelo de gestión que involucre directamente actores locales urbanos y rurales, y organizaciones sociales. De esta manera, se plantea que la producción intelectual debe estar sensibilizada no solamente con la generación teórica, sino que debe ser un ejercicio de democratización del conocimiento. Por esta razón, se propone ejecutar una revista de pensamiento crítico sobre los sistemas productivos agrícolas y de recursos hídricos del Ecuador. Adicionalmente, con perspectiva de 2019, se plantea

generar mecanismos alternativos de análisis y comunicación, a través de material escrito y audiovisual que sistematicen las experiencias concretas de agroecología y de gestión de los recursos hídricos para difundirlos y discutirlos, mediante espacios de análisis y generación de propuestas de política pública, como el Foro Nacional de Recursos Hídricos y el Foro de Agroecología, planificados para el próximo año.

I. Programa de Maestría en Gestión Integrada de Recursos Hídricos y Riego

Antecedentes y estado actual

Este programa de posgrado en ciencias (maestría en investigación) fue concebido y diseñado en el marco de la participación de la Universidad Central del Ecuador en la Red de Posgrados en Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (PARAGUAS). Esta red integra universidades de varios países latinoamericanos (Colombia, Perú, Bolivia, México) y europeos (Holanda, España). El programa fue aprobado el 29 de abril de 2015, por el Consejo de Educación Superior (CES), mediante Resolución N° RPC-SO -17 -N°198 -2015. La aprobación es válida por 5 años, con 1 cohorte por año y con un máximo de 25 estudiantes por cohorte.

Es un programa de dos años de duración. En el desarrollo de la primera cohorte han participado docentes nacionales e internacionales, gracias a los acuerdos realizados con universidades de España, Holanda, México y Colombia. El objetivo es formar investigadores de alto nivel con sólidos conocimientos en el campo de la gestión integrada de los recursos hídricos y el riego. El programa se fundamenta en un enfoque interdisciplinario, de pensamiento crítico y metodologías de investigación socioambientales; además,

plantea la investigación desde escenarios multiescalares y en interacción con los beneficiarios. Hasta el 2019, se ha estado desarrollando 21 proyectos de investigación de la primera cohorte del programa y, en marzo de este mismo año, se ha iniciado la segunda cohorte (promoción).

Ejecución de la I Cohorte

La ejecución de la primera cohorte contó con el apoyo de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID). El proyecto, aprobado en julio de 2016, contó con un apoyo económico de € 178,922 destinados a ser ejecutados en 24 meses; se solicitó en julio 2018 una ampliación de 12 meses, extensión que fue otorgada en octubre de ese año.

Para la ejecución del programa, se realizó una selección de estudiantes en octubre de 2016; de un total de 62 postulantes, se seleccionaron a 23 con quienes se inició la cohorte, 12 estudiantes fueron mujeres y 10 estudiantes hombres. Sus perfiles de formación fueron diversos: Agronomía, Comunicación, Ciencias Educación, Geografía, Desarrollo Local, Biología, Sociología, Veterinaria, Ingeniería Civil.

Con el apoyo de la AECID y becas de la misma Universidad Central del Ecuador se extendieron 14 becas de matrícula y manutención, y 12 subvenciones de investigación.

La maestría está compuesta por 12 módulos, de los cuales 10 se integran en un “tronco común”; los 2 módulos finales forman parte de las menciones en i) “planificación de los recursos hídricos”, que cuenta con 10 estudiantes y ii) gestión social del riego”, que ha incorporado a 12 estudiantes.

El programa de investigación está estructurado en torno a 6 ejes, discutidos y definidos en el marco de la construcción de la maestría:



- Cambio climático y gestión de los recursos hídricos.
- Planificación de los recursos hídricos y el riego.
- Política e institucionalidad del agua y el riego.
- La economía y ecología política del agua.
- Ecología, calidad del agua y ecosalud.
- Gestión del riego.

El primer nivel involucra la ejecución del cronograma de las diferentes cohortes, mientras que el segundo nivel contempla el fortalecimiento institucional y académico del programa; para ello, se estableció la ampliación y búsqueda de convenios con universidades españolas.

En este segundo nivel también se considera la conformación de un 'Comité de gestión'. Este estará conformado por otro tipo de actores sociales, como organizaciones sociales campesinas, juntas de regantes y ONGs que trabajen en la temática. Para formalizar dichas relaciones, se firmarán convenios de cooperación.

La Vinculación

El avance académico que se promueve en la facultad no debe ser ajeno a la realidad la sociedad. Por el contrario, gran parte de su trabajo investigativo debe inspirarse y motivarse desde los problemas que aquejan a la gestión del agua. Para atender esta necesidad, el programa de maestría tiene como objetivo involucrar a sus estudiantes y docentes con áreas de vinculación con la sociedad en donde la FCAG ha venido trabajando los últimos años. Por eso, esta facultad logrará profundizar su incidencia en los espacios geográficos que ya ha venido actuando, a través de investigación científica de alto nivel.

La Docencia

Un reto importante para el año entrante es el fortalecimiento de la planta docente del programa de maestría con docentes (expertos en la temática), que laboren tanto en el pregrado de la FCAG, como en otras facultades de la universidad. La formalización de las relaciones con universidades extranjeras (en este caso, españolas) y la contratación de docentes especialistas en la temática será clave para avanzar en este

aspecto. Contar con un cuerpo docente, en su mayoría, vinculado de manera permanente a la universidad, dotará de sostenibilidad al programa de maestría.

La actividad de posgrado recae en profesores contratados, puesto que carece de una plantilla de catedráticos titulares que le permita enfrentar en mejores condiciones los procesos de formación de los maestrantes, así como emprender la ejecución de proyectos de investigación. Sin embargo, en la Maestría de Gestión Integrada de Recursos Hídricos y Riego, se incluyó a profesores de la planta de la Facultad de Ciencias Agrícolas.

La Investigación

Como parte de la estrategia de vinculación con la sociedad, el programa de maestría a más de conectar su trabajo con áreas de vinculación social que ya mantienen la FCAG, intentará crear y/o ampliar nuevos escenarios de investigación en torno a la gestión integrada de los recursos hídricos y el riego. Para lograr este fin, se realizará la selección de los sitios y el levantamiento de línea base junto a estudiantes y docentes del programa. La intención es que la FCAG adquiera una influencia de largo aliento en las zonas de interés.

Doctorado en Gestión de Agua

El programa doctoral en Gestión de Recursos Hídricos es una apuesta académica de alto nivel internacional. El Ecuador es un país con una gran cantidad agua dulce. No obstante, la mayoría no se encuentra disponible por aspectos climáticos, biofísicos y socioeconómicos. A partir de esta problemática, surge la necesidad de formar investigadores críticos, con capacidad de identificar la base de los problemas que no permiten un acceso más justo y equitativo al recurso para todos y, a su vez, proponer soluciones de largo plazo en torno a la gestión de agua en el país.

El programa doctoral está motivado por una perspectiva crítica que se orienta desde la Ecología Política del Agua. Este se fundamentará en zonas de estudio clave identificadas en las tres regiones continentales. Con este elemento, el programa plantea vincular la universidad con la sociedad y motivar estudios críticos desde las realidades rurales, periurbanas y urbanas.

En este marco, las alianzas generadas mediante dicha maestría con universidades españolas se vuelve un eje fundamental de soporte hacia la investigación, formación y vinculación.

Cada uno de los ejes cuenta con, por lo menos, con una investigación en marcha (maestrante) misma que desde mayo de 2019 empezó a entregar resultados. Cabe mencionar que la distribución geográfica de los estudiantes ha permitido cubrir las diferentes regiones del país, generando una investigación en diferentes escenarios, de acuerdo a cada uno de los ejes de investigación propuestos.

Ejecución de la II Cohorte

El desarrollo de la I cohorte ha dejado varios aprendizajes, a más de los elementos metodológicos y organizativos que se establecieron para la II cohorte, el programa de maestría debe consolidar cuatro ejes transversales en su ejecución. Por tanto, la planificación a más de considerar actividades propias de la ejecución misma de la II cohorte (Ejemplo: proceso de inscripciones, módulos, etc.), plantea acciones con miras a fortalecer y complementar la estructura macro del programa. Los ejes son i) modelo de gestión del programa, ii) vinculación con la sociedad, iii) fortalecimiento de la docencia y iv) proyectos de investigación.

La gestión del programa ha tenido una estrategia en dos niveles. El primero está relacionado con la ejecución misma de la maestría y es una estrategia a corto plazo. El segundo se relaciona con el fortalecimiento institucional y académico del programa, y es de mediano a largo plazo.



CAPÍTULO 9

Investigación aplicada

Estudio de la Aptitud de Fertilizantes Orgánicos en el Desarrollo Morfofisiológico y Productivo de Cultivos

Mercè Fargas Clua
Albert Pérez Matamala
ONGD Enginyeria Sense Fronteres

Además de la academia y las entidades especializadas, la Cooperación Española fomenta la participación de las ONGD, la Sociedad Civil y el Sector Privado en la innovación para el desarrollo, intercambiando experiencias y aplicándolas sobre el terreno.



Introducción

El presente estudio ha sido elaborado en el marco del proyecto “Fortalecimiento de la Universidad Estatal Amazónica en la implementación de tecnologías apropiadas, para el tratamiento y aprovechamiento productivo y de desarrollo social con residuos orgánicos en Pastaza”.

El objetivo es estudiar la influencia de la fertilización orgánica, mediante compost, versus otras técnicas de fertilización, en el desarrollo morfofisiológico y productivo de cultivos de ciclo corto, tales como la lechuga (*Lactuca sativa* L) y el rábano (*Raphanus sativus* L).

El uso de fertilizantes orgánicos como el compost en la agricultura permite a los campesinos reducir los residuos de origen vegetal y, paralelamente, favorecer el desarrollo de sus cultivos, obteniendo un mayor rendimiento en sus inversiones agropecuarias.

Antecedentes

1. El Suelo

El suelo es un ser vivo, cuya formación viene determinada por los siguientes factores: clima, organismos, material parental, tiempo y relieve (Loaiza, J.C. 2010). Desde la perspectiva agrícola, los suelos son el medio para el desarrollo de los cultivos, con el fin de proveernos de cultivos y materias primas. Es por ello que el acceso de los campesinos a la tierra también ha sido motivo de lucha, un proceso marcado históricamente en el Ecuador por las reformas agrarias de 1964 y 1973.

1.1. Los suelos de la Región Amazónica del Ecuador (RAE)

El conocimiento del suelo es una información fundamental en la agricultura, ya que esto determinará, en gran medida, el rendimiento de los cultivos y la necesidad de adicionar productos para su mejoramiento, evitando así el avance de la frontera agrícola y la tala indiscriminada de bosque.

La proximidad geográfica entre las llanuras amazónicas y la sierra andina, combinada con gradientes climáticos muy marcados en poco espacio físico, provocan la existencia de una gran diversidad de tipos de suelos, con la predominación de cuatro tipos de ellos: Inceptisoles, Ultisoles, Andisoles y Entisoles; con una pequeña proporción de Histosol y Molisol, siendo estos los más aptos para usos agropecuarios.

1.2. La fertilidad del suelo

La composición del suelo viene determinada por cuatro componentes: aire, agua, fracción mineral y fracción o materia orgánica. Su composición y proporciones marcarán las propiedades físicas, químicas y biológicas, así como su capacidad para el establecimiento, desarrollo y producción de los cultivos de manera sostenida (Álvarez et al., 2008; Bravo et al., 2016).

Esta definición implica que las propiedades físicas como la textura, la estructura (densidad aparente, porosidad del suelo) influyen principalmente en la penetración y crecimiento de raíces, así como la penetración, movimiento y retención de agua en el suelo. Las propiedades químicas como el pH, acidez intercambiable y la disponibilidad de nutrientes estarían más relacionadas con su capacidad para suministrar los nutrientes en la cantidad, forma y oportunidad que demanda el desarrollo de los cultivos. Por último, los parámetros biológicos asociados

a la presencia de macro y microorganismos ayudan en la transformación de la materia orgánica y el ciclaje de nutrientes, entre otros (Alemán et al., 2018).

Los nutrientes presentes en el suelo determinarán, en gran manera, la capacidad de desarrollo de los cultivos, ya que son los encargados de aportar el alimento y energía necesaria a sus células. Estos pueden clasificarse en macro y micronutrientes, aportando cada uno funciones específicas a las plantas (McGrath et al., 2014) (Figura 1).

El pH también tiene especial incidencia en el desarrollo de los cultivos, ya que determina la disponibilidad de los nutrientes. Condiciones de pH neutras, con valores entre 6 y 7, sugieren una mayor actividad de microorganismos, mayor mineralización y, por tanto, una mejor disponibilidad de nutrientes para las plantas (Casanova, 2005).

De esta forma, para mejorar el desarrollo de los cultivos pueden aportarse aditivos, en forma de fertilizantes, enfocados a mejorar las propiedades físicas y/o químicas del suelo. Fertilizantes que pueden ser inorgánicos, mediante la aplicación de productos químicos, u orgánicos, a través de la aplicación de materia orgánica de origen vegetal o animal (Escalante et al., 2006).

El pH también tiene especial incidencia en el desarrollo de los cultivos, ya que determina la disponibilidad de los nutrientes. Condiciones de pH neutras, con valores entre 6 y 7, sugieren una mayor actividad de microorganismos, mayor mineralización y, por tanto, una mejor disponibilidad de nutrientes para las plantas (Casanova, 2005).

De esta forma, para mejorar el desarrollo de los cultivos pueden aportarse aditivos, en forma de fertilizantes, enfocados a mejorar las propiedades físicas y/o químicas del suelo. Fertilizantes que pueden ser inorgánicos, mediante la aplicación de productos químicos, u orgánicos, a través de la aplicación de materia orgánica de origen vegetal o animal (Escalante et al., 2006).

2. El Compost

El compost es un abono orgánico fruto de un proceso biológico de descomposición aeróbica de material orgánico, es decir, con presencia de aire, hasta el punto de formación de un producto estable, homogéneo y rico en sustancias húmicas (Mustin, M., 1987).

El compost permite modificar la estructura del suelo (propiedad física), aportando mayor porosidad y permitiendo así aumentar la capacidad de retención de agua y aire. Además, acrecienta la materia orgánica del suelo, permitiendo optimizar la nutrición y rendimiento de los cultivos, regulando en el tiempo la liberación de nutrientes, así como amortigua los cambios bruscos de pH (Alemán et al., 2018).

2.1. El proceso de compostaje

La producción de compost, entendida como un proceso de aprovechamiento de residuos orgánicos, puede ser muy variada e incluir restos vegetales de cosechas, jardinería, mercados y restos animales de camales o establos, entre otros. La materia orgánica de entrada y los aditivos secundarios provocarán variaciones tanto en el proceso como en el producto final.

El proceso de compostaje se desarrolla en 4 etapas o fases, las cuales tienen ciertas condiciones de temperatura y una duración determinada, y en las que el aspecto del compost va variando. En la figura 2 se muestra gráficamente el proceso.

Durante el proceso, es necesario controlar varios parámetros que tienen una influencia directa sobre el producto final. En este sentido, es necesario destacar los siguientes:

Humedad: La presencia de agua en la materia prima de las pilas de compost permite la vida de los microorganismos

ELEMENTO		FUNCIÓN EN LA PLANTA	
MACRONUTRIENTES	PRIMARIOS	NITRÓGENO (N)	Siendo el constituyente esencial de las proteínas, está involucrado en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas y en la elaboración del rendimiento.
		FÓSFORO (P)	Es esencial para la fotosíntesis y para otros procesos químico-fisiológicos; además, estimula el crecimiento de la raíz, favorece la formación de la semilla, participa en la fotosíntesis y la respiración.
		POTASIO (K+)	Aporta resistencia a las enfermedades, fuerza al tallo y calidad a la semilla.
	MESONUTRIENTES	CALCIO (Ca ²⁺)	Constituyente de las paredes celulares, colabora en la división celular.
		MAGNESIO (Mg ²⁺)	Componente de la clorofila, de las enzimas y de las vitaminas.
		AZUFRE (S)	Esencial en la formación de aminoácidos y vitaminas, aporta el color verde a las hojas.
MICRONUTRIENTES	HIERRO (Fe)	Catalizador en la formación de la clorofila y componente de enzimas	
	COBRE (Cu)	Componente de enzimas, colabora en la síntesis de clorofila y respiración.	
	ZINC (Zn)	Esencial en la formación de auxina y almidón.	
	MANGANESO (Mn)	Participa en la síntesis de la clorofila.	
	BORO (B)	Importante en la floración, formación de frutos y división celular.	
	MOLIBDENO (Mo)	Colabora en la fijación de nitrógeno y en la síntesis de proteínas.	
	CLORO (Cl)	Colabora en el crecimiento de raíces.	

Figura 1. Nutrientes esenciales, sus formas disponibles y su papel en el crecimiento y desarrollo de la planta. Fuente: McGrath et al., 2014.

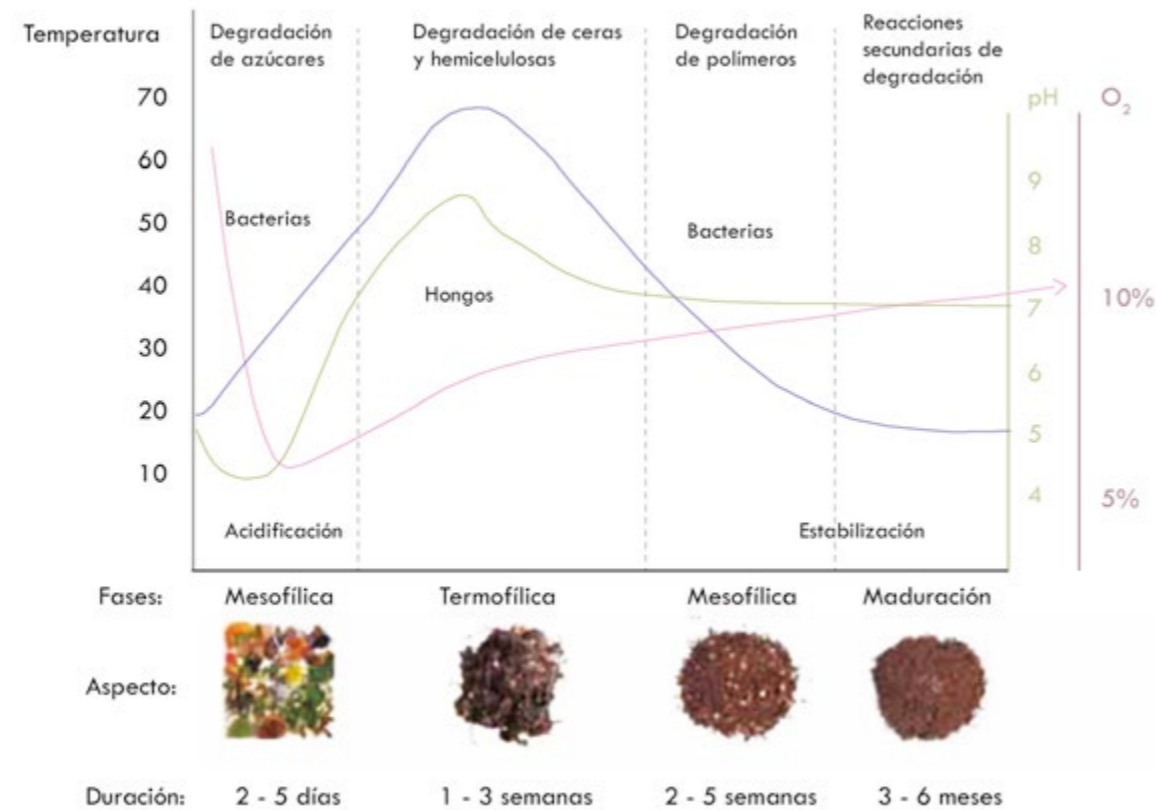


Figura 2. Evolución de la temperatura, oxígeno y pH en un proceso de compostaje. Fuente: P. Román, FAO.

que realizan el trabajo de descomposición. Varios autores consideran este como uno de los aspectos más críticos para lograr la optimización del compost y sitúan los valores óptimos entre el 50 y 70% (Bueno et al, 2008).

Temperatura: Aporta información sobre los microorganismos que están actuando y, por ende, del estado en que se encuentra el proceso, ya que cada etapa tiene un rango de temperaturas considerado óptimo (Bueno et al, 2008).

pH: Influye directamente sobre la dinámica microbiana, siendo los valores típicamente ácidos, mayores a 7.5, aquellos que favorecen el proceso de descomposición, siendo habitual que existan ligeros descensos en los primeros días (Bueno et al, 2008).

Metodología

1. Elaboración de pilas de compost

Para el presente estudio, se elaboraron cuatro pilas experimentales de compost en el Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica (CIPCA), con una composición y tratamientos determinados (Figura 3).

La evolución de las pilas fue monitoreada constantemente, permitiendo así aportar un tratamiento adecuado según los resultados de los parámetros de control.

2. Composición de los abonos orgánicos utilizados en la experimentación en campo

Una vez transcurridos tres meses, se analizaron los componentes de cada pila de compost, comparándolos, a su vez, con una

muestra de excreta de gallinaza y una muestra de biol formado a partir de excretas porcinas.

Los resultados obtenidos del proceso fueron los siguientes (Ver Figura 4 y 5).

3. Dosificación de fertilizante en la experimentación en campo

La etapa de experimentación en campo utilizará las seis variedades de abonos orgánicos analizados anteriormente y fertilizante químico. Para determinar la dosificación, se consideró el Nitrógeno [N] como nutriente de mayor requerimiento, de acuerdo a los resultados de análisis de suelo realizados a dos profundidades y que se presentan a continuación en la Figura 6.

En base a los resultados anteriores, se determinó la cantidad de nutriente requerida para el cultivo [Rn] en función de la necesidad de la especie [Nc] y de la disponibilidad natural de este en el suelo [Ds], de acuerdo a la ecuación que se describe más adelante y a los factores de conversión [FC] necesarios para transformar el nutriente en forma elemental a nutriente en forma de fertilizante (Figura 7, 8, 9, 10 y 11).

$$R_n = N_c - D_s$$

	Pila 1 – MUNICIPIO	Pila 2 – VENCEDORES	Pila 3 – PRODUCTORES	Pila 4 –
MATERIA PRIMA	2,25% Tierra 3,75% Hojas y pasto 7,49% Pollinaza 7,49% Estiércol y melaza 22,47% Restos vegetales 3,75% Aserrín y paja 7,49% Restos de poda 1,87% Aserrín 2,25% Tierra y cal 7,49% Pollinaza 7,49% Estiércol y melaza 22,47% Restos vegetales 3,75% Aserrín y paja	9,88% Pollinaza 9,88% Restos vegetales 9,88% Aserrín 11,11% Caña picada 14,81% Pollinaza 14,81% Hierba picada 14,81% Restos vegetales 14,81% Aserrín	≈ 0% Cal 10,34% Pollinaza ≈ 0% Melaza 13,79% Pasto verde 13,79% Restos vegetales 13,79% Estiércol 10,34% Hojarasca ≈ 0% Cal 10,34% Tierra 13,79% Restos vegetales 13,79% Pollinaza	15,00% Pollinaza 50,00% Restos orgánicos 15,00% Gallinaza 5,00% Tierra 5,00% Hierba picada 5,00% Agua 0,20% Cal
DIMENSIONES (Largo, Ancho, Alto)	2 x 1,5 x 1,1	3 x 2 x 1,5	3 x 2 x 1,5	4 x 1,5 x 1
VOLTEO	Volteos cada 7 días durante el primer mes. Volteos cada 10 -15 días a partir del primer mes y en función de la Temperatura.	Volteo inicial a los 30 -45 días en función de la Temperatura. Volteos cada 15 días a partir del primer volteo.	Volteos cada 7 días.	Volteo inicial a los 15 días. Volteos en función de la temperatura y humedad a partir del primer volteo.
TAPAR	Tapar con plástico los primeros 15 días.	Tapar con plástico hasta el primer volteo.	Tapar con plástico los primeros 15 días. Tapar con lona los siguientes 15 días.	Tapar con plástico hasta el primer volteo.

Figura 3. Composición de las pilas de compost experimental. Fuente: Elaboración propia.

Identificación de las muestras	Concentración %					
	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Azufre
Compost 1	2.0	0.68	1.21	3.04	0.49	0.38
Compost 2	2.1	0.48	1.02	3.73	0.45	0.37
Compost 3	2.3	0.44	1.2	3.02	0.85	0.46
Compost 4	2.4	0.44	1.67	3.77	0.51	0.53
Gallinaza	2.3	1.66	3.24	7.78	0.11	1.45
Biol porcino	0.15	0.01	0.82	0.36	0.11	1.65

Figura 4. Tabla de resultados de macronutrientes de los abonos orgánicos analizados y utilizados durante la experimentación en campo. Fuente: Elaboración propia.

Identificación de las muestras	mg kg ⁻¹				
	Boro	Zinc	Cobre	Hierro	Manganeso
Compost 1	14	107	40	676	399
Compost 2	19	100	39	681	456
Compost 3	16	97	44	687	534
Compost 4	84	99	43	696	487
Gallinaza	20	115	145	592	355
Biol porcino	14	14	3	16	3

Figura 5. Tabla de resultados de micronutrientes de los abonos orgánicos analizados y utilizados durante la experimentación en campo. Fuente: Elaboración propia.

VARIABLES	PROFUNDIDAD (cm)	
	0-15	15-30
pH	5,00 (Ac)	4,40 (MAc)
MO (%)	3,50 (M)	2,5 (M)
NH ₄ ⁺ , mg kg ⁻¹	21,00 (A)	37,00(A)
Fósforo (P, mg kg ⁻¹)	16,00 (M)	10,00 (B)
Potasio (K ⁺ , meq 100 g s)	0,19 (B)	0,14 (B)
Calcio (Ca ²⁺ , meq 100 g s)	3,00 (M)	3,00 (M)
Magnesio (Mg ²⁺ meq 100 g s)	1,20 (M)	0,60 (B)
Azufre (S, mg kg ⁻¹)	58,00 (A)	20,00 (M)
Zinc (Zn, mg kg ⁻¹)	8,40 (A)	3,20 (M)
Cobre (Cu, mg kg ⁻¹)	8,60 (A)	9,60 (A)
Hierro (Fe, mg kg ⁻¹)	150,00 (A)	138,00 (A)
Manganeso (Mn, mg kg ⁻¹)	8,80 (M)	5,90 (M)
Boro (B, mg kg ⁻¹)	0,19 (B)	0,10 (B)

Figura 6. Tabla de resultados de análisis de suelos con la siguiente codificación: Ac (ácido), Mac (muy ácido), A (alto), M (moderado), B (bajo). Fuente: Elaboración propia.

Nutriente	Análisis de suelo	FC	Cantidad nutriente en el Suelo	FC	Cantidad Nutriente en forma de fertilizante
MO %	3,50	12000	42000,00	----	---
N Inorgánico	21,00	1,00	21,00	1	21,00 N
P mg kg ⁻¹	16,00	1,2	19,20	2,29	43,97 P ₂ O ₅
K ⁺ meq 100 g s	0,19	468	88,92	1,205	107,15 K ₂ O
Ca ²⁺ meq 100 g s	3,00	240	720,00	1,4	1008,00 CaO
Mg ²⁺ meq 100 g s	1,20	144	172,80	1,66	286,85 MgO

Figura 7. Tabla de conversión de los nutrientes disponibles en el suelo a cantidad de nutriente en forma de fertilizante. Fuente: Elaboración propia.

A	B	C	D	E	G	H	I	J
Nutriente	kg/ha	FC	Rc	Cantidad en Suelo FF	Rn D-E	% Pérdidas	% Pérdidas	Requerimientos Netos Kg/ha
N	190,00	1	190,00	21,00	169,00	0,3	50,7	219,70
P	60,00	2,29	137,40	43,97	93,43	0,1	9,34	102,78
K ⁺	170,00	1,205	204,85	107,15	97,70	0,1	9,77	107,47
Ca ²⁺	50,00	1,4	70,00	1008,00	-938,00			
Mg ²⁺	22,00	1,66	36,52	286,85	-250,33			

Figura 8. Requerimiento de nutrientes en forma de fertilizante para el cultivo de lechuga donde: A (Nutriente en forma elemental); B (requerimiento del cultivo de lechuga); C (Factor de conversión); E (Cantidad de nutriente en el suelo en forma de fertilizante); Rn (Requerimiento del nutriente). Fuente: Elaboración propia.

Abono	Aporte	Requerimiento kg/ha	Dosis /ha	Dosis kg 8 m ²
Compost 1	2,00	219,70	10.985,00	8,79
Compost 2	2,10	219,70	10.461,90	8,37
Compost 3	2,30	219,70	9552,17	7,64
Compost 4	2,40	219,70	9154,16	7,32
Gallinaza	2,30	219,70	9552,17	7,64
Biol porcino	0,80	219,70	27462,50	21,97
Fertilización Química Urea	46,00	219,70	477,61	0,38
Fertilización Química FDA (Fosfato diamónico)	42,00	102,78	244,71	0,20
Fertilización Química Muriato de Potasio	60,00	107,47	179,12	0,14

Figura 9. Dosis de abono orgánico para el cultivo de lechuga. Fuente: Elaboración propia.

A	B	C	D	E	G	H	I	J
Nutriente	kg/ha	FC	Rc	Cantidad en Suelo FF	Rn D-E	% Pérdidas	% Pérdidas	Requerimientos Netos Kg/ha
N	130,00	1	130,00	21,00	109,00	0,30	32,70	141,70
P	40,00	2,29	91,60	43,97	47,63	0,10	4,76	52,40
K ⁺	120,00	1,205	144,60	107,15	37,45	0,10	3,75	41,20
Ca ²⁺	22,00	1,4	30,80	1008,00	-977,20	0,10	-97,72	
Mg ²⁺	20,00	1,66	33,20	286,85	-253,65	0,10	-25,36	

Figura 10. Requerimiento de nutrientes en forma de fertilizante para el cultivo de Lechuga donde: A (Nutriente en forma elemental); B (requerimiento del cultivo de lechuga); C (Factor de conversión); E (Cantidad de nutriente en el suelo en forma de fertilizante); Rn (Requerimiento del nutriente). Fuente: Elaboración propia.

Abono	Aporte	Requerimiento kg/ha	Dosis /ha	Dosis kg 8 m ²
Compost 1	2,00	141,70	7085,00	2,83
Compost 2	2,10	141,70	6747,62	2,70
Compost 3	2,30	141,70	6160,87	2,46
Compost 4	2,40	141,70	5904,17	2,36
Gallinaza	2,30	141,70	6160,87	2,46
Biol porcino	0,80	141,70	17712,50	7,09
Fertilización Química Urea	46,00	141,70	308,04	0,12
Fertilización Química FDA (Fosfato diamónico)	42,00	52,39	124,74	0,05
Fertilización Química Muriato de Potasio	60,00	41,20	68,67	0,03

Figura 11. Dosis de abono orgánico para el cultivo de rábano. Fuente: Elaboración propia.

4. Caracterización del diseño experimental

El estudio se desarrolló en el CIPCA, ubicado en las áreas limítrofes de los cantones Santa Clara y Carlos Julio Arosemena, en las provincias de Pastaza y Napo, respectivamente, con altitudes comprendidas entre los 443 y 1.137 msnm. El clima es tropical húmedo, con temperaturas promedio de 24°C y precipitaciones anuales entre 3.654 y 5.516 mm, y una alta biodiversidad (Ramírez et al., 2016).

Los fertilizantes utilizados durante la experimentación fueron los siguientes:

- Tratamiento 1. Compost_1
- Tratamiento 2. Compost_2
- Tratamiento 3. Compost_3

- Tratamiento 4. Compost_4
- Tratamiento 5. Gallinaza
- Tratamiento 6. Biol
- Tratamiento 7. Fertilizante químico

El trasplante de la lechuga y siembra del rábano se desarrolló en una sola vez durante el día 21 de mayo de 2018.

Diseño experimental rábano (*Raphanus sativus L*)

El rábano (*Raphanus sativus L*), variedad Crimson giant, es un cultivo de ciclo corto, alcanzando su tamaño de cosecha entre los 20 y 30 días después de la siembra, y que puede ser cultivado tanto en suelos minerales como orgánicos Laguna et al., (2001) (Figura 13).

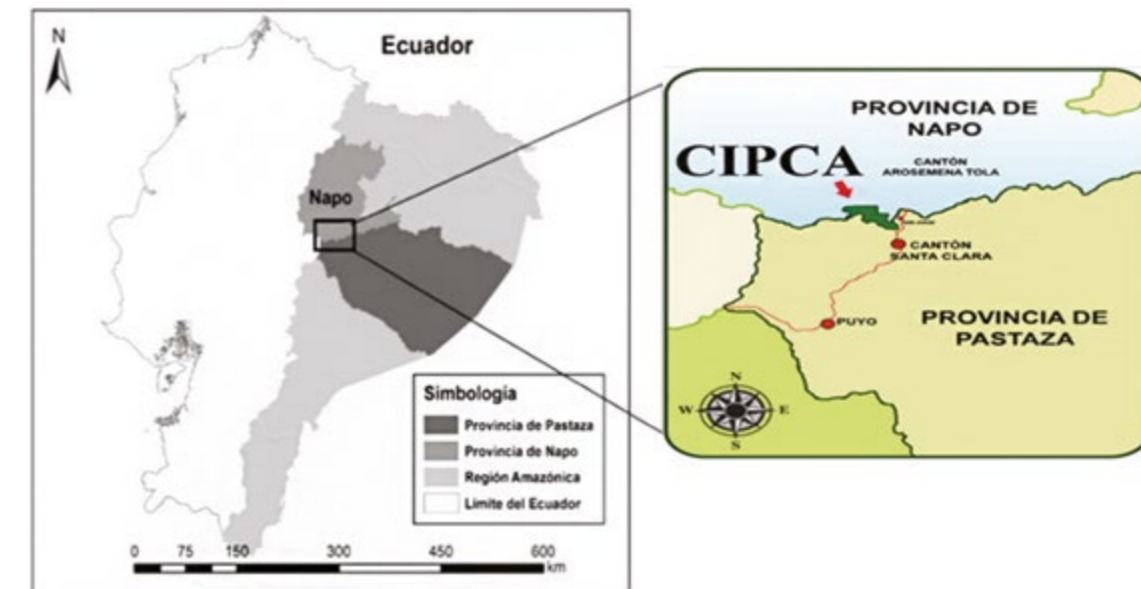


Figura 12. Ubicación geográfica del CIPCA. Fuente: Elaboración propia.

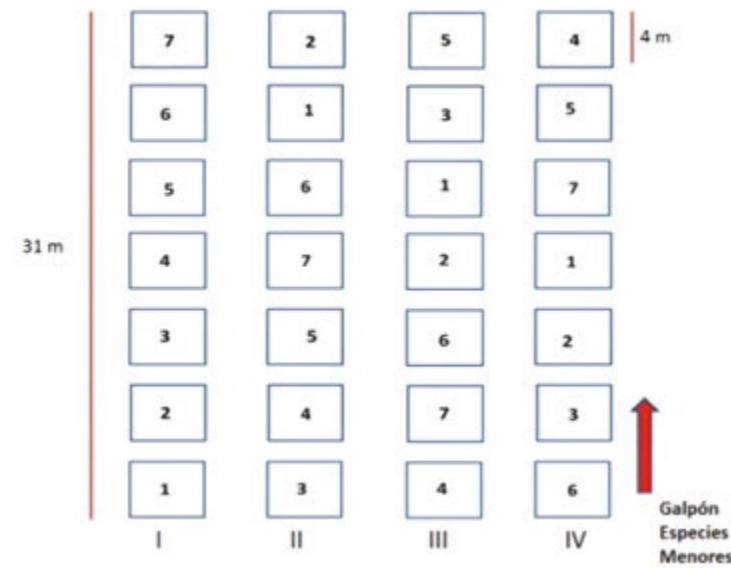


Figura 13. Distribución del experimento de Rábano (*Raphanus sativus L*) en campo. Fuente: Elaboración propia.

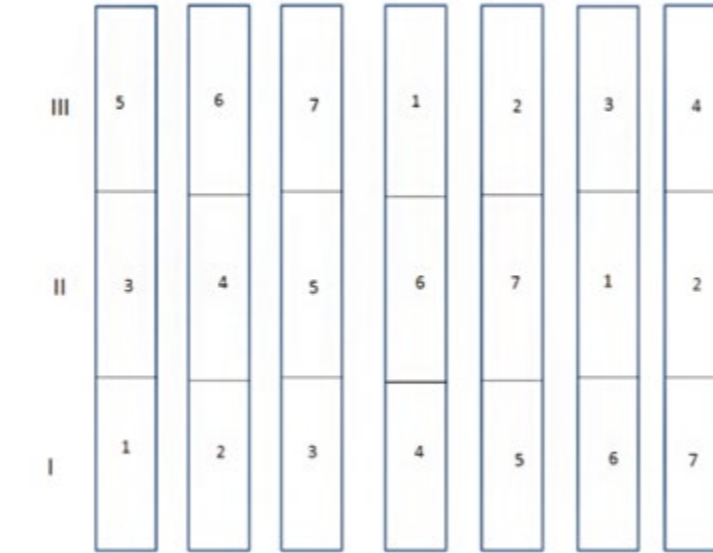


Figura 14. Distribución del experimento de Lechuga (*Lactuca sativa L*) en campo. Fuente: Elaboración propia.

Se realizaron un total de 28 camas de cultivo distribuidas en 4 columnas de 7 camas cada una, con unas dimensiones de 4 m de largo por 1,20 m de ancho, es decir, de 4,80 m². En cada parcela se dispusieron cuatro hileras de 20 plantas, lo que representa un total de 80 plantas por parcela, 560 plantas por cada tratamiento y 3.920 plantas experimentales.

Diseño experimental lechuga (*Lactuca sativa L*)

La lechuga (*Lactuca sativa L*), variedad Patagonia, es un cultivo de ciclo corto del que no existen ensayos desarrollados a campo abierto y se desconocen los aspectos referentes a la fertilización del mismo.

Se realizaron un total de 21 camas de cultivo distribuidas en 3 filas de 7 parcelas cada una, con unas dimensiones de 6 m

de largo por 1,20 m de ancho, es decir, de 7,20 m². En cada parcela se dispusieron 4 hileras de 30 plantas, lo que representa un total de 120 plantas por parcela. En cada fila hay una parcela con cada tratamiento lo que hace un total de 360 plantas por tratamiento dispuesto de forma aleatoria en cada fila y un total de 2.520 plantas experimentales (Figura 14).

5. Parámetros de evaluación del estudio

La evaluación de las plantas se realizó de los surcos centrales con la finalidad de evitar el efecto de los bordes. Los parámetros que se evaluaron fueron los siguientes:

1. Altura de la planta (cm) cada 7 días.

2. Grosor del tallo a 10 cm del suelo cada 7 días.
3. Número de hojas activas por planta cada 7 días.
4. Largo y ancho del limbo de las hojas cada 7 días (cm)
5. Área foliar (m²) (por el método del disco) en tres momentos de desarrollo del cultivo, a los 7, 14, 21 días del trasplante y en cosecha.
6. En el rábano, diámetro ecuatorial y longitudinal del fruto (cm).
7. Producción por planta (g)
8. Rendimiento agrícola (kg/m², kg/ha)

Todo el proceso de análisis de los resultados se desarrolló mediante un modelo estadístico probado para cada una de las variables, tomando en consideración, además de la media para cada variable, el efecto del tratamiento, el efecto de las réplicas y el error aleatorio producto de la experimentación.

Discusión de resultados

I. Cultivo de rábano (*Raphanus sativus L*) variedad Crimson giant

1.1. Comportamiento de los indicadores de crecimiento y desarrollo

Las variables de crecimiento altura de la planta y grosor del tallo no muestran variaciones en los siete primeros días, debido a que la influencia de la fertilización aún no ha iniciado. A los 14 días ya inició la aportación de nutrientes de los fertilizantes, con resultados peores para el biol y la fertilizante química, los cuales fueron más notorios en los días 21 y 28 (Figura 15 y16).

Puede observarse en la siguiente gráfica (Figura17) que en todos los casos los valores más bajos de número de hojas se obtienen con la aplicación de biol y el fertilizante químico. El área foliar alcanza mayores valores en los tratamientos con aplicación del Compost 1 y de Gallinaza, seguido por el resto de los compost y, en menores valores, los tratamientos con biol y fertilización química. En parte es debido a que los fertilizantes líquidos son más fácilmente lavables en condiciones de lluvia (Figura 18).

1.2. Rendimiento agrícola del cultivo

Los mejores resultados en diámetro polar y ecuatorial se obtuvieron con la gallinaza, seguido de los cuatro compost, y con peores resultados para el biol y el fertilizante químico. Se considera que los abonos orgánicos de tipo gallinaza y compost son buenos para el aprovechamiento y comercialización, mientras que los tratados con biol y fertilizante químico alcanzaron diámetros poco atractivos para la comercialización.

Los valores asociados al rendimiento agrícola son igualmente mayores para el tratamiento con gallinaza, seguidos de los procesos donde se ha utilizado compostaje. Estos procesos, a diferencia del biol y del fertilizante químico, permiten obtener rendimientos agrícolas y, consecuentemente, beneficios económicos, atractivos para la producción (Figura 19).

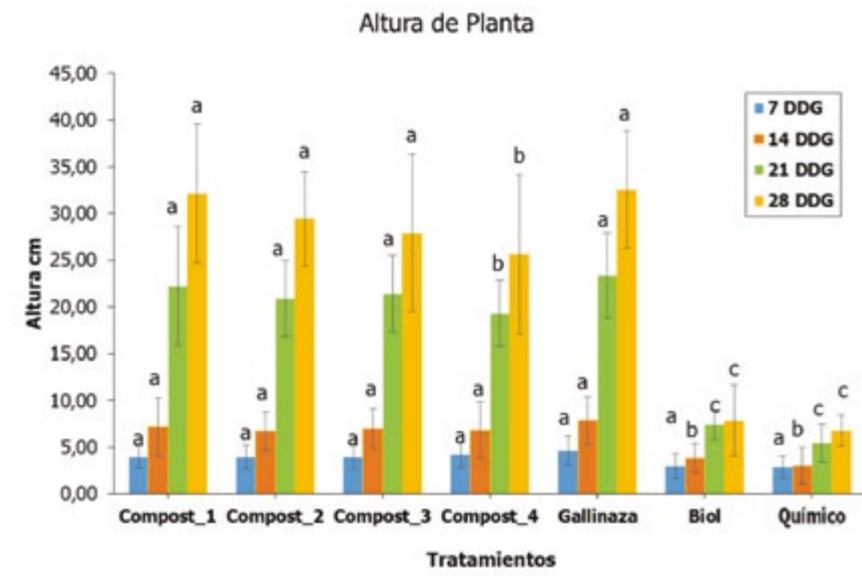


Figura 15. Dinámica de la altura de la planta en el cultivo de rábano bajo distintos tipos de abonos. Fuente: Elaboración propia.

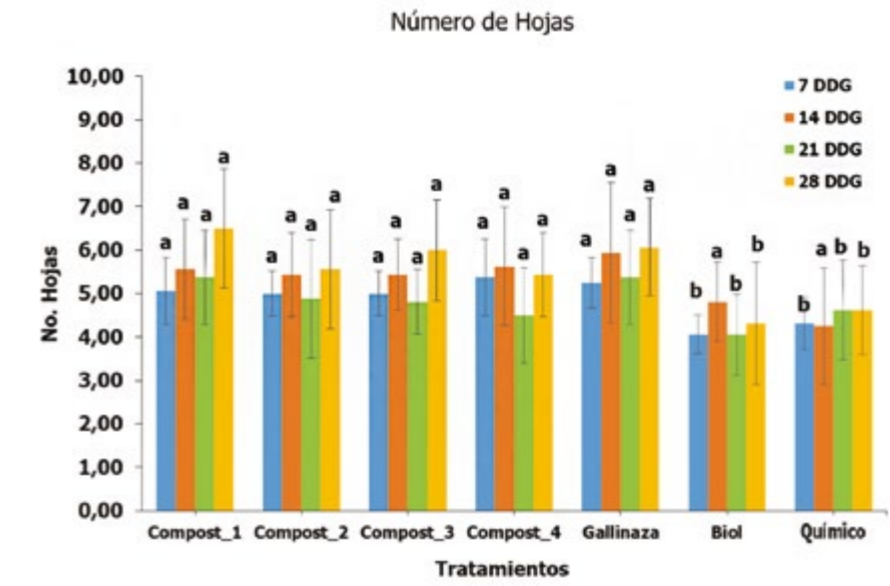


Figura 17. Número de hojas en el cultivo de rábano bajo distintos tipos abonos. Fuente: Elaboración propia.

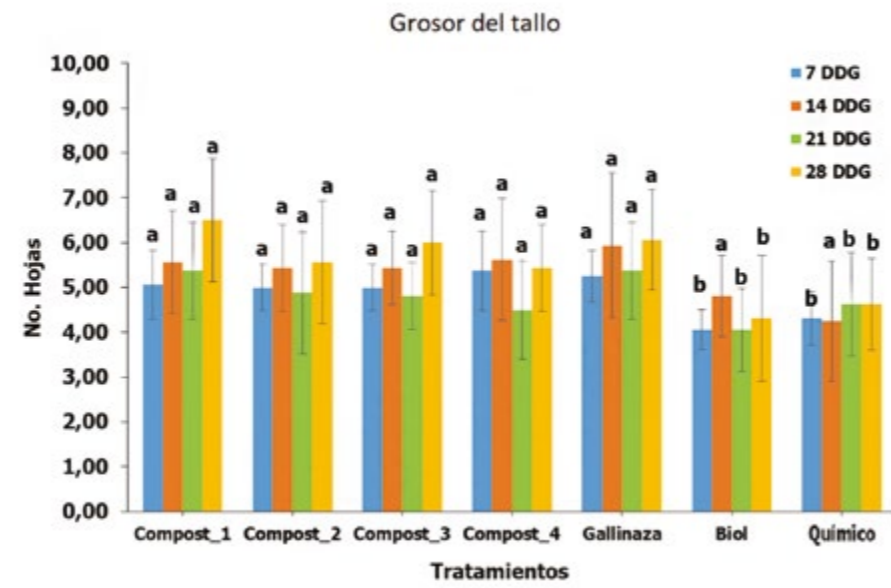


Figura 16. Dinámica del grosor del tallo en el cultivo de rábano bajo distintos tipos de abonos. Fuente: Elaboración propia.

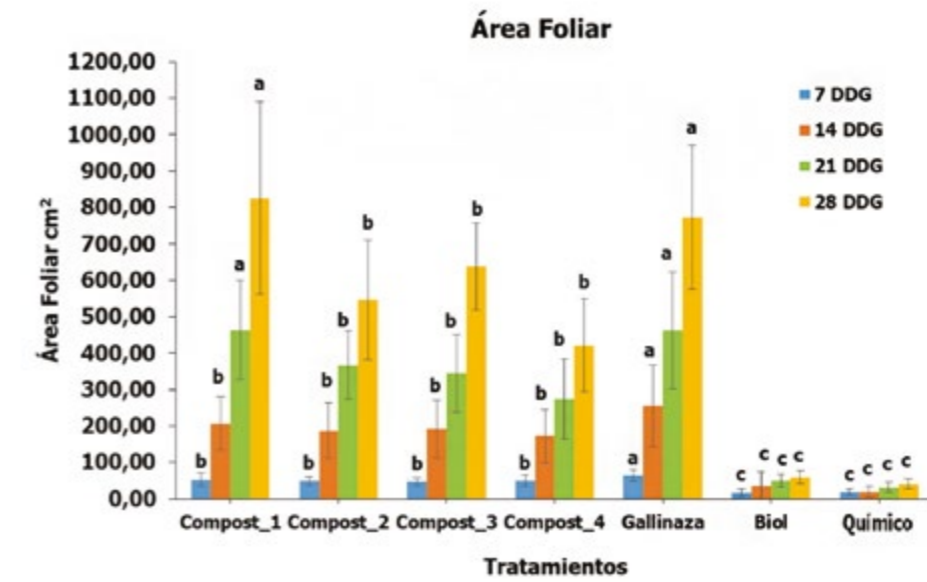


Figura 18. Área foliar del cultivo de rábano bajo distintos tipos abonos. Fuente: Elaboración propia.

Tratamiento	Peso del Fruto (g)		Diámetro Ecuatorial (cm)		Diámetro Polar (cm)		Rendimiento Kg m ²	
	Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS
Compost_1	24,90b	±1,68	2,44b	±0,48	3,89b	±0,47	0,50b	±0,03
Compost_2	18,27c	±0,92	2,36b	±0,24	3,45b	±0,35	0,37b	±0,02
Compost_3	16,35c	±0,74	2,19b	±0,25	3,15b	±0,23	0,33b	±0,01
Compost_4	16,28c	±0,72	2,36b	±0,23	3,55b	±0,28	0,33b	±0,01
Gallinaza	45,57a	±3,53	3,73a	±0,21	5,13a	±0,32	0,91a	±0,07
Biol	11,12d	±1,18	1,30c	±0,26	1,91c	±0,38	0,22c	±0,02
Químico	10,07d	±0,28	1,08c	±0,18	1,74c	±0,39	0,20c	±0,01

Figura 19. Valores promedio de los componentes del rendimiento y el rendimiento agrícola del cultivo de rábano según tipo de fertilización. Fuente: Elaboración propia.

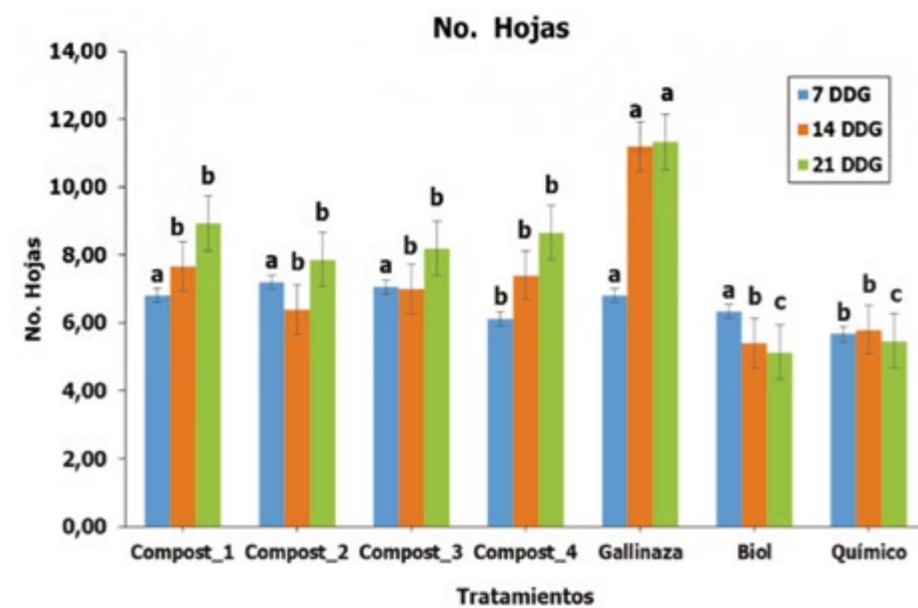


Figura 20. Número de hojas en el cultivo de lechuga bajo distintos tipos abonos. Fuente: Elaboración propia.

2. Cultivo de la lechuga (Lactuca sativa L) variedad Patagonia

2.1. Comportamiento de los indicadores de crecimiento y desarrollo

El número de hojas es importante en cualquier cultivo, pero lo es más en aquellos en que representan, a su vez, el fruto en sí, como es el caso de la lechuga. En este parámetro, los abonos orgánicos tipo gallinaza y compost presentan mejores resultados respecto al biol y al fertilizante químico.

Esta diferencia se hace notoria a partir de la segunda medición, es decir, a partir de los 14 días y se confirma en la última medición a los 21 días debido a que la asimilación de los nutrientes aportados se desarrolla una vez transcurrido el periodo inicial de adaptación de la planta (Figura 20).

Respecto del área foliar, se presentan resultados similares, con mayores valores para la gallinaza y, en menor medida, para los diferentes tipos de compost y en la misma cronología temporal, tal y como se observa en la gráfica (Figura 21).

2.2. Rendimiento agrícola del cultivo

El rendimiento agrícola es claramente superior con el tratamiento de fertilización mediante gallinaza, seguido por los tratamientos con compost y, con resultados notablemente inferiores, los tratamientos con biol y fertilizante químico. Los valores de rendimiento agrícola para la gallinaza son óptimos, pero también para los compost 1, 2 y 3, con tasas de rendimiento superiores a las 5 toneladas por hectárea (Figura 22).

Conclusiones

En las condiciones de contorno del presente estudio, los resultados obtenidos para los indicadores morfofisiológicos y de rendimiento agrícola de los cultivos de rábano y lechuga se presentan en mejores condiciones, mediante la adición de abonos orgánicos versus fertilizantes químicos.

La fertilización orgánica de rábano y lechuga presenta óptimos resultados para la gallinaza, seguida de los diferentes tipos de compost. Los resultados obtenidos por la fertilización orgánica mediante biol pueden considerarse bajos.

Los abonos orgánicos de tipo sólido favorecen el mejoramiento de las propiedades físicas del suelo y tienen una capacidad de liberación lenta de nutrientes, favoreciendo los valores de altura de la planta, grosor del tallo, número de hojas y área foliar.

Los valores de concentración de Nitrógeno [N] para la gallinaza y compost utilizados han sido similares; la diferencia en el desarrollo de los cultivos se estima que es producto de las concentraciones de Fósforo [P], Potasio [K] y Calcio [Ca].

Los fertilizantes líquidos aplicados en regiones con altos índices de pluviosidad son fácilmente diluidos por la escorrentía de las aguas y lavados del suelo, reduciendo su capacidad de aportación de nutrientes.

La producción de cultivos de ciclo corto en las condiciones de contorno del estudio y mediante tratamiento de fertilización con abonos orgánicos, presentan rendimientos agrícolas óptimos y, consecuentemente, buenos beneficios económicos para la producción.

El aprovechamiento de residuos orgánicos, como materia prima para la fertilización, aporta un valor agregado en los ámbitos socioeconómico y ambiental.

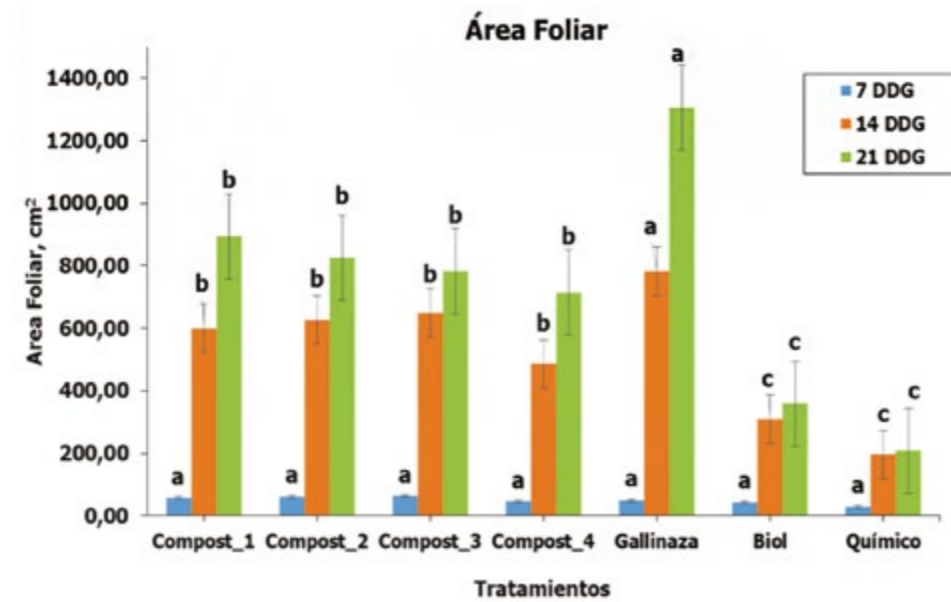


Figura 21. Área foliar del cultivo de lechuga bajo distintos tipos abonos. Fuente: Elaboración propia.

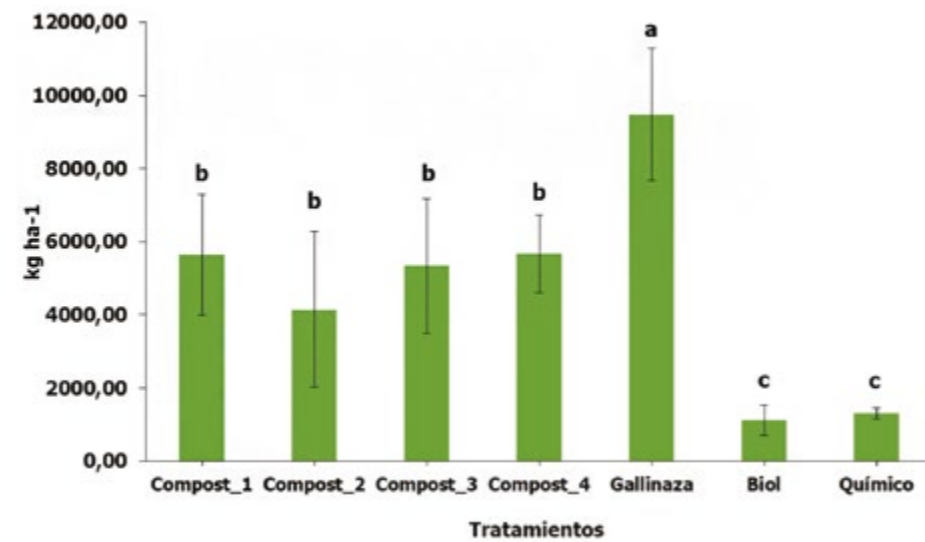


Figura 22. Rendimiento agrícola del cultivo de lechuga con diferentes tipos de fertilizantes. Fuente: Elaboración propia.

Referencias Bibliográficas:

Agredo España, D. (2014). Comparación de la eficiencia en la producción de lechuga (*Lactuca Sativa*) en un suelo rehabilitado con abono orgánico Bocashi y el mismo suelo con fertilizante químico N-P-K. instname: Universidad Autónoma de Occidente. Universidad Autónoma de Occidente. Retrieved from <https://red.uao.edu.co/handle/10614/6137>

Alemán-Pérez, R.; Bravo-Medina, C.; Fargas-Clua, M. (2018). Fertilización orgánica en cultivos de lechuga (*Lactuca sativa* L) y rábano (*Raphanus sativus* L) en la Amazonia Ecuatoriana. Edición Associaició Catalana d'Enginyeria Sense Fronteres. Puyo, Ecuador. 96 pp.

Alemán-Pérez, R., Bravo, C y Oña, M. (2014). Posibilidades de producir hortalizas en la Región Amazónica del Ecuador, provincia Pastaza. Centro Agrícola, 41(1): 67-72.

Álvarez, CR y M.A Taboada. (2008). Fertilidad física de los suelos. Segunda Edición. Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires. 237 p.

Álvarez, J.M. (2010) Manual de compostaje para Agricultura Ecológica. Consejería de agricultura y pesca. Junta de Andalucía. DOI: 10.13140/RG.2.2.20182.24647.

Bravo, C., Benítez, D., Vargas Burgos, J.C., Alemán, R., Torres B., y Marín, H. (2015). Socio-Environmental Characterization of Agricultural Production Units in the Ecuadorian Amazon Region, Subjects: Pastaza and Napo. Revista Amazónica Ciencia y Tecnología. 4 (1): 3-31.

Bravo, C., Torres B., Benítez D., Haideé M., Tapia A. y Velasco, C. (2016). El Recurso suelo: Cómo realizar un diagnóstico integral de la fertilidad del suelo con fines productivos? Revista: Huellas del Sumaco (15): 10-17.

Bravo, C; Ramírez, A.; Marín, H.; Torres, B.; Alemán, R.; Torres, R.; Navarrete, H. y Changoluisa, D. (2017). Factores asociados a la fertilidad del suelo en diferentes usos de la tierra de la Región Amazónica Ecuatoriana. Rev. Electrón. vet. Volumen 18 N° 11: 1-17.

Bueno, P, Díaz, J. y Cabrera, F. (2008). Factores que afectan al proceso de compostaje. Compostaje. Bloque 2: El proceso de compostaje: 93-110.

Dimas J.L.M; Diaz E.A. Martinez R.E; Valdez C.R.- 2001.- Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. Terra 4 (19): 293-299.

Escalante E. L.E; Linzaga E.C; Escalante E.Y.-2006.- cálculo de fertilizantes para elaborar mezclas físicas. Revista alternativa. 3(10):5-15.

Laguna M.R.J; Cisne C.J.- 2001.- Efecto de Biofertilizante (EM-BOSKASHI) sobre el crecimiento y rendimiento del Rábano (*Raphanus sativus*). Revista la calera. 1(1): 26-29.

Loaiza, J.C. 2010. El recurso suelo. Suelos Ecuatoriales: 41 (1):6-18.

López M.J.D.; Díaz E.A.; Martínez R.E.; Valdez C.R.- 2001.- Abonos orgánicos y su efecto propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. Terra latinoamericana 19 (4):293-299.

Martín, N.J. y Pérez, G. 2009. Evaluación agroproductiva de cuatro sectores en la provincia de Pastaza en la Amazonía Ecuatoriana. Cultivos Tropicales 30:(1) 5-10.

McGrath, J.M., Spargo, J. y Penn J. (2014). Soil Fertility and Plant Nutrition. Encyclopedia of Agriculture and Food Systems. 5: 165-184.

Mustin, M. (1987). Le Compost, Gestion de la Matire organique. Paris, Editions Franois DUBU S C. 954 p.

Primaversi A.-1982.-Manejo ecológico del suelo. Quinta edición. Ed. Ateneo. Buenos Aires, Argentina. 340 pp

Quintero, I., J. Zambrano, M. Cabrera y R. Gil. 2000. Evaluación en campo y postcosecha de nueve cultivares de lechuga *Lactuca sativa* L. Rev. Fac. Agron. 17: 482-491.

Román, P., Martínez M.M. y Pantoja A. (2013). Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile.

Marco de Asociación País Ecuador-España 2019-2022

El Marco de Asociación País (MAP) es el instrumento de planificación estratégica - geográfica que lleva a la práctica la misión de la Cooperación Española: “favorecer y estimular el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y contribuir a erradicar la pobreza en sus múltiples dimensiones”.

A partir del 2018 el Ecuador adoptó la Agenda 2030 como política pública del Gobierno Nacional, comprometiéndose a implementarla y a alinear la planificación nacional con la misma. Por su parte, España ha asumido los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) alineando sus políticas de cooperación a esta hoja de ruta internacional.

En un proceso liderado por la Embajada de España en Ecuador y DGPODES por parte de España y por el Ministerio de Relaciones Exteriores y Movilidad Humana y la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo por parte de Ecuador, y con la participación de más de 60 instituciones públicas y privadas, los Gobiernos de Ecuador y España han elaborado el nuevo Marco de Asociación País (MAP) que define las prioridades estratégicas de la Cooperación Española para el periodo 2019-2022 en el país. Este acuerdo fue firmado en Madrid el 4 de febrero de 2019.

La Cooperación Española, alineándose a la planificación nacional ecuatoriana y en coherencia con ella, así como incorporando y priorizando sus líneas de acción en base los ODS, la Agenda 2030 y el V Plan Director, asume para sus Resultados de Desarrollo del MAP 2019-2022, cuatro de las políticas del Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 “Toda una Vida”, vinculadas a cuatro sectores estratégicos: Desarrollo Económico Sostenible; Investigación, Desarrollo e Innovación; Igualdad e Inclusión Social y Hábitat.

El MAP prevé una inversión de 50 millones de euros en diversos programas y modalidades, priorizando zonas geográficas como la Frontera Norte, la Sierra Central y las provincias afectadas por el terremoto de abril de 2016 con la participación de los diversos actores de la Cooperación Española: ONGD, Academia, Instituciones Públicas, Cooperación Descentralizada y Sector Privado. De igual manera, se continuará apostando por los enfoques transversales de derechos humanos, género, sostenibilidad ambiental y diversidad cultural.

Con este nuevo Marco de Asociación, Ecuador y España continúan fortaleciendo sus vínculos en una cooperación que complementa los esfuerzos del país, con un recorrido de más de treinta años de historia y una inversión que actualmente supera los mil millones de dólares.

MAP Ecuador - España 2019-2022



Previsión Presupuestaria 2019-2022 **50 millones de euros**

(16,1 M€ no reembolsables y 33,9 M€ reembolsables)

Modalidades e Instrumentos

- Bilateral, Multilateral y Descentralizada
- Cooperación a través de ONGD Españolas
- Proyectos, Programas y Cooperación Técnica
- Cooperación Financiera Reembolsable

Actores de la Cooperación Española

- Instituciones Públicas
- Cooperación Descentralizada (Entidades Locales y CCAA)
- Universidades y Centros de Investigación
- ONGD y Sociedad Civil
- Sector Privado

Actores de Ecuador

- Instituciones Públicas
- Institutos de Investigación y Universidades
- Sociedad Civil

Priorización Geográfica

- Frontera Norte
- Sierra Central
- Provincias afectadas por el terremoto de abril 2016
- Programas nacionales

Seguimiento y Rendición de Cuentas

- Comisión Paritaria Ecuador – España
- Grupo Estable de Coordinación en Terreno (GEC)
- Seguimiento desde AECID y DGPODES
- Informes de seguimiento y evaluación
- Estrategia de Comunicación

Otros Sectores Estratégicos

- Movilidad Humana
- Fortalecimiento Institucional
- Cultura y Patrimonio para el Desarrollo
- Ayuda Humanitaria





Fotografia: W. Santana/AECID.



EMBAJADA
DE ESPAÑA
EN ECUADOR



aecid



Cooperación
Española
ECUADOR